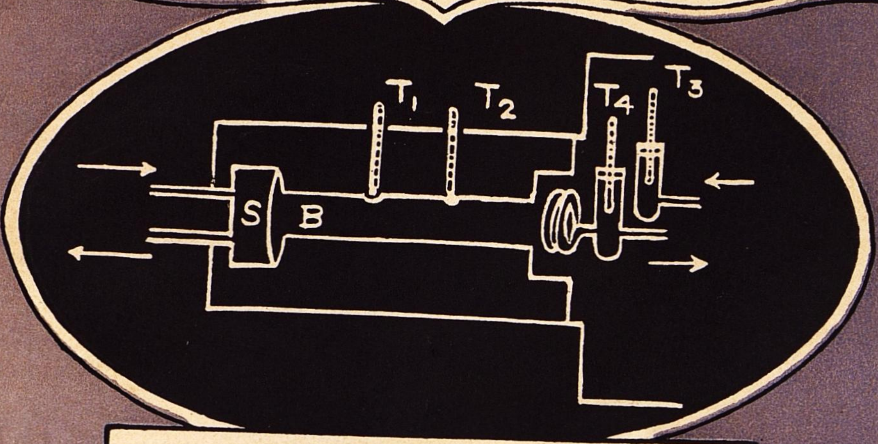
பொறியியல் செய்முறை இயற்பியல்

(ENGINEERING PRACTICAL PHYSICS



நெ. சீ. இராசகோபாலன்.
நா. சாத்தப்பன்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண் — 587

பொறியியல் செய்முறை இயற்பியல்

ஆசிரியர்கள்

நெ. சீ. இராசகோபாலன், எம்.ஏ., எம்.டெக்.,
பேராசிரியர், இயற்பியல் துறைத் தலைவர்,
அழகப்பச் செட்டியார் பொறியியல் தொழில்நுட்பக் கல்லூரி,
காரைக்குடி

நா. சாத்தப்பன், எம்.எஸ்சி.,
விரிவுரையாளர், இயற்பியல் துறை,
அழகப்பச் செட்டியார் பொறியியல் தொழில்நுட்பக் கல்லூரி,
காரைக்குடி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—September, 1974

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 587

© Tamilnadu Textbook Society

ENGINEERING PRACTICAL PHYSICS

N. S. Rajagopalan and
N. Sathappan

Price Rs. 4-80

"Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture) New Delhi."

Printed by
Stree Seva Mandir Press,
T. Nagar, Madras-17

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினுன் காண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழி லேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.) 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்து வரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்ருன 'பொறியியல் செய்முறை இயற்பியல்' என்ற இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 587 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 622 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந்நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

முன்னுரை

இயற்பியல் என்ற அறிவியலின் அடிப்படையில் நின்று ஆக்கப்பணி ஆற்றும் துறையினையே பொறியியல் என்று கூறுகின்றோம். எனவே, பொறியியல் துறையில் பயிலும் மாணவர்கட்கு இயற்பியல் துறையின் கொள்கைகள், தத்துவங்கள், விதிகள் முதலியன இன்றியமையாதனவாகத் திகழ்கின்றன.

நூல்களில் கற்ற கருத்துகளை மெய்ப்பிக்கவும், உண்மைகளைச் சரியானவையா தவறானவையா என்று ஆராய்ந்து கொள்ளவும், நுணுக்கமாகக் கருவிகளைக் கையாளுவதற்குத் தேவையான பயிற்சி பெறவும் செய்முறை இயற்பியல் உதவுகிறது. சுருக்கமாக, ஆய்வு நிலையப் பயிற்சிப் பொறியியல் மாணவர்களைப் படைப்புத் திறன் கொண்டவர்களாக உருவாக்கத் துணை செய்கிறது.

ஒரு கொள்கை தோன்றும்போது அதற்கேற்ற புதுமுறைச் சோதனைகளை அமைத்துப் பல பயனுள்ள முடிவுகளைப் பெற முடியும். ஆய்வு முறைகள் கொள்கை முன்னேற்றத்தோடு போட்டியிடும்போது நுணுக்கமான கருவிகளும், விந்தையான பொருள்களும், பயனுள்ள எந்திரங்களும் தோன்ற வழியுண்டு.

இயற்பியல் என்ற அறிவியல் துறையில் முதன் முதலில் சோதனை முறையைக் கையாண்ட பெருமை ஆர்க்கிமிடீஸ் (Archimedes) என்ற கிரேக்க அறிஞரைச் சாரும். அவர் சோதனை வாயிலாகக் கண்டறிந்த உண்மையே 'ஆர்க்கிமிடீஸ் தத்துவம்' என்று அழைக்கப்படுகிறது.

அளவையியல் (Measurements), வெப்பம் (Heat), ஒளி (Light), ஒலி (Sound), காந்தவியல் (Magnetism) மற்றும் மின்னியல் (Electricity) முதலிய பிரிவுகளிலிருந்து பல்கலைக்கழகத்தின் பாடத் திட்டத்துக்கேற்பச் செய்முறைப் பயிற்சிகள் இந்நூலில் இடம் பெற்றுள்ளன.

ஆசிரியர்கள்

மாணவர்களுக்குக் குறிப்புகள் (பொது)

(Instructions to Students)

இயற்பியலில் செய்முறைக்கு அதிக முக்கியத்துவம் இருப்ப தால் கீழே சில முக்கியமான விதிகள் கொடுக்கப்பட்டிருக் கின்றன. இவைகளை கவனத்தில் வைத்துச் சோதனை செய்வதன் மூலம் அதிகப் பயனை அடையலாம்.

1. சோதனை செய்வதற்குமுன் அதற்குண்டான கொள்கை களை நன்ருகத் தெரிந்துகொள்ளவும். சோதனைக்குண் டான குறிப்புகளை முன்பே படித்தபிறகு சோதனை செய்ய ஆரம்பிக்கவேண்டும். இதனுல் சோதனையில் தவறு ஏற்படுவதையும் நேரத்தை வீணுக்குவதையும் தவிர்க்கலாம்.

2. சோதனைக் கருவிகளைப்பற்றி (உபயோகிக்கும் முறை யில்) ஏதாவது சந்தேகம் இருந்தால் ஆசிரியரை அணுகித் தெரிந்து கொள்ளவேண்டும்.

3. சோதனையின்போது காட்சிப் பதிவுகளை ஒழுங்கான வரிசையில் (புத்தகத்தில் குறிப்பிட்டிருக்கும் முறையில்) எடுக்கவேண்டும். தாறுமாருக எடுப்பதைத் தவிர்க்க வேண்டும்.

4. காட்சிப் பதிவுகளைத் துண்டுக் காகிதங்களில் எழுதாமல் அதற்காக ஒதுக்கியிருக்கும் நோட்டில் அட்டவணை முறைப்படி குறிக்கவேண்டும்.

5. காட்சிப் பதிவுகளைக் குறிக்காமல் மனத்தில் வைத்துக் கொண்டு கூட்டியோ பெருக்கியோ விடை எழுதக் கூடாது.

6. எந்தச் சோதனையிலும் சிறிது பிழை ஏற்படக் காரண மிருப்பதால் காட்சி முறையை ஒரு முறைக்கு மேலாகப் பலதடவைகள் எடுத்துச் சராசரி காணுதல் அவசியம்.

7. எந்தக் காட்சிப் பதிவையும் இதுதான் இருக்கவேண்டு மென்று எதிர்பார்க்காமல் காணுவதை மட்டுமே குறிப்பது மிக அவசியம்.

8. எந்த அளவுகளில் பிழைகள் வர அதிக காரணமிருக்கிறதோ அவற்றைக் குறிப்பாக அக்கறையுடன் கவனித்துக் குறிக்கவேண்டும்.

9. ஒவ்வொரு காட்சிப் பதிவையும் எந்த நுட்ப அளவிற்கு அளக்கிறோமோ அதே அளவில் பதியவேண்டும்; ஏறத்தாழ மதிப்பிட்டுக் குறிக்கக்கூடாது.

10. எல்லாக் கணக்கீடுகளையும் 'லாகரித' முறைப்படி செய்யவேண்டும்.

11. சோதனையை முடித்து ஆசிரியரிடம் அனுமதி பெற்றபின் தான் சோதனைக்கூடத்தை விட்டுச் செல்லவேண்டும்.

12. கொடுத்திருக்கும் சோதனைக் கருவிகளைத் தகுந்த கவனத்துடன் உபயோகிப்பது அவசியம்.

13. சோதனை முடிந்தபிறகு சோதனைக் கருவிகளைச் சோதனைக்கூட அட்டெண்டரிடம் ஒப்புவித்துவிட்டுச் செல்லவேண்டும்.

பொருளடக்கம்

I. அளவையியல் (Measurements)

			பக்கம்
1.	கோளமானி	...	1
2.	ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல்	...	5
3.	திட மற்றும் திரவப் பொருள்களின் ஒப்படர்த்தி		7

II. வெப்பம் (Heat)

4.	காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்	...	11
5.	காற்றின் அழுத்த விரிவெண்—ஜாலியின் கருவி	...	13
6.	திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழு	...	16
7.	நீள் விரிவுக் கெழு—ஒளியியல் நெம்புகோல் முறை	...	18
8.	நியூட்டன் குளிர்வு விதி	...	21
9.	வெப்ப எண்—கலவை முறை	...	25
10.	திரவத்தின் வெப்ப எண்—குளிர்வு முறை	...	29
11.	பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்	...	31
12.	நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்	...	34
13.	எளிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்—சேர்ல் முறை	...	38
14.	அரிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்—லீ வட்டு முறை	...	40
15.	வெப்ப-எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று	...	44

III. ஒளி (Light)

16.	குவி மற்றும் குழி ஆடிகளின் குவியத் தூரம்	...	48
17.	குவி மற்றும் குழி வில்லைகளின் குவியத் தூரம்	...	53
18.	ஒளி விலகலெண்—இயங்கு நுண்ணோக்கி முறை	...	56

பக்கம்

19. நிறமாலை மானி—முப்பட்டகத்தின் ஒளி விலகலெண் ... 58

20. நிறமாலை மானி—கீற்றணி ... 62

21. நியூட்டன் வளையங்கள் ... 67

22. இரட்டைப் பட்டகம் ... 70

23. ஒளிமானிகள் ... 73

24. பொலாரிமீட்டர் ... 75

IV. ஒலியியல் (Sound)

25. காற்றில் ஒலியின் வேகம் ... 78

26. சோனமீட்டர் (குறுக்கதிர்வுகளின் விதிகளைச் சரிபார்த்தல்) ... 81

27. சோனமீட்டர் (இசைக்கவையின் அதிர்வெண் காணல்) ... 84

28. மெல்டியின் கருவி ... 86

29. குன்ட் குழாய் ... 89

V. காந்தவியல் (Magnetism)

30. இருமடி எதிர்விதி சரிபார்த்தல் (விலகு காந்த மானி உபயோகித்து) ... 93

31. விலகு காந்தமானிமூலம் காந்த திருப்பு திறன்களை ஒப்பிடுதல் ... 97

32. M-H காணல் (விலகு, அலைவு காந்தமானிகள் மூலம்) ... 100

VI. மின்னியல் (Electricity)

33. டேஞ்சென்ட் கால்வனமீட்டர்மூலம் மின்னோட்டத்தின் அளவு காணல் ... 104

34. P. O. பெட்டி—பொருளின் மின்தடை எண் காணல் ... 106

35. மின்தடை வெப்பநிலை எண் காணல் ... 108

பக்கம்

36. காரி ∴பாஸ்டர் பாலம் ... 110

37. ஜூலின் கலோரிமீட்டர் ... 114

38. கம்பிச் சுருளின் அச்சுக்கோட்டில் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தவயலை அளத்தல் ... 117

39. மின்னழுத்த மானி—இரு கலன்களின் மின் இயக்கு விசைகளை ஒப்பிடல் ... 120

40. மின்னழுத்த மானி—மின்கலத்தின் உள் மின்தடை 123

41. மின்னழுத்த மானி—மின்தடைகளை ஒப்பிடுதல் ... 125

42. மின்னழுத்த மானி—அம்மீட்டர் அளவுத்திருத்தம் 128

43. மின்னழுத்த மானி—குறைந்த அளவு காட்டுவதற்கான வோல்ட்மீட்டரை அளவுத் திருத்தம் செய்தல் ... 131

44. ஆடி கால்வனமீட்டர்—மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம் ... 133

45. வெப்பமின் இரட்டையின் மின்இயக்கு விசை—ஆடி கால்வன மீட்டர் மூலம் ... 137

46. வெப்பமின் இரட்டையின் மின்இயக்குவிசை—மின்னழுத்த மானி மூலம் ... 140

47. மின்தேக்கியின் சார்பிலாத் திறன்—அலைவு கால்வனமீட்டர் மூலம் ... 143

மேற்கோள் நூற்பட்டியல் ... 148

கலைச்சொற்கள் ... 149

I. அளவையியல்

(Measurements)

1. கோளமானி

(Spherometer)

நோக்கம்

சிறு தட்டையான பொருளின் தடிப்பையும் (thickness) கோளப் பரப்பின் வளைவு ஆரங்களையும் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

கோளமானி, மீட்டர் அளவுகோல், ஒரு கண்ணாடித் துண்டு, ஒரு கோளப் பரப்பு.

கோளமானியின் அமைப்பு

கோளமானி, திருகுமானியைப் போலவே மைக்ராமீட்டர் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ள அளவு கருவியாகும். கோளப் பரப்புகளின் வளைவு ஆரங்களைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு இக் கருவி பெரிதும் பயன்படுவதால் 'கோளமானி' என்று அழைக்கப்படுகிறது. கோளமானியின் பாகங்கள் பக்கம் 3-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அளக்கும் முறை

முதற்கண் மரைத் தூரம் (pitch of the screw) மற்றும் அதம அளவை ஆகியவை (least count) தெரிதல் வேண்டும். தலை அளவுகோலின் சுழியை (zero of the head scale) புரி அளவு கோலிற்கு நேராக வருமாறு செய்து, புரி அளவுகோலின் (pitch scale) அளவீட்டைக் குறிக்கவும். தலை அளவுகோலினை ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றுகள் சுழற்றி அதன் விளிம்பு புரி அளவு கோலில் நகர்ந்த தூரத்தைக் காணவேண்டும்.

$$\text{மரைத் தூரம்} = \frac{\text{தலை அளவுகோல் நகர்ந்த தூரம்}}{\text{கொடுக்கப்பட்ட சுற்றுகள்}}$$

$$\text{(எடுத்துக்காட்டாக)} = \frac{4 \text{ மி.மீ.}}{4} = 1 \text{ மி.மீ.}$$

இதன்பின் தலை அளவுகோலில் உள்ள மொத்தப் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை என்னவென்று பார்க்கவேண்டும் (100 என்போம்).

$$\text{அதம அளவு} = \frac{\text{மரைத் தூரம்}}{\text{தலை அளவுகோலின் மொத்தப் பிரிவுகள்}}$$

$$= \frac{1 \text{ மி.மீ.}}{100} = 0{\cdot}01 \text{ மி.மீ.}$$

கோளமானியைச் சமதளக் கண்ணாடித் தட்டின் (plane glass plate) மீது வைத்துத் திருகின் கீழ்முனை கண்ணாடியை இலேசாகத் தொடுமாறு தலை அளவுகோலைச் சுழற்றவேண்டும். தலை அளவுகோலின் விளிம்பிற்குச் சரியாகப் புரி அளவுகோலில் இருக்கும் அளவீட்டைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். அதேபோல புரி அளவுகோலுக்கு நேராகத் தலை அளவுகோலில் உள்ள அளவீட்டையும் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

சுழி அளவீடு = புரிக்கோலின் அளவீடு + (தலைக்கோலின் அளவீடு × அதம அளவு)

= R_1 (என்போம்)

திருகினை மேலே போகுமாறு சுற்றிவிட்டுக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சிறு தட்டையான பொருளைத் திருகு முனைக்குக் கீழே வைத்து, அத் திருகின் முனை பொருளினைச் சற்றே தொடுமாறு செய்யவேண்டும். புரிக்கோல் மற்றும் தலைக்கோலின் அளவீடுகள் முன்போல் எடுக்கப்படவேண்டும்.

பொருளோடு எடுக்கப்பட்ட அளவீடு

= புரிக்கோலின் அளவீடு + (தலைக் கோலின் அளவீடு × அதம அளவு)

= R_2 (என்போம்)

(R_2 அளவீடு R_1-ஐவிட அதிகமாக இருப்பதைக் காணலாம்)

கொடுக்கப்பட்டுள்ள பொருளின் தடிப்பு = $R_2 - R_1$

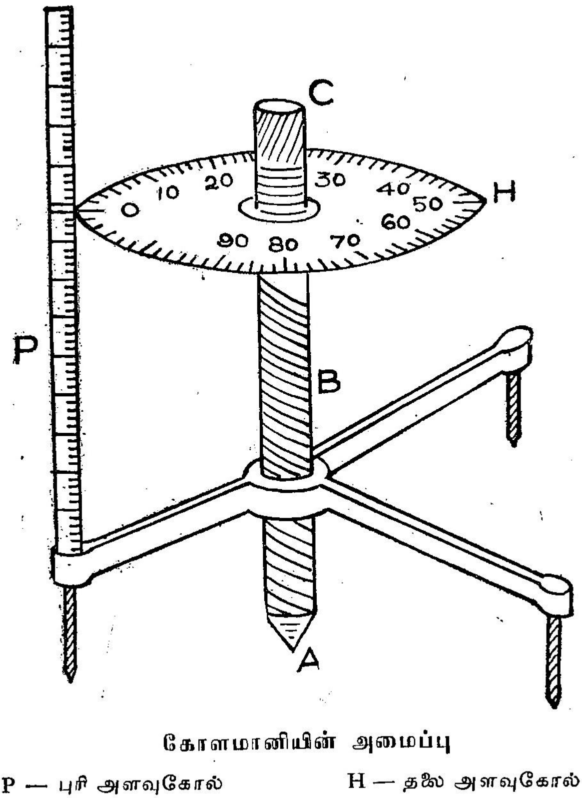
கோளப் பரப்பின் வளைவு ஆரங்களைக் காணல்

கோளப் பரப்பின் குவிந்த பக்கத்தைத் திருகின்கீழ் வைத்து திருகின் முனை அதனைச் சற்றே தொடுமாறு செய்து கோளமானி யின் அளவீட்டைக் குறிக்கவேண்டும் (R_3).

$$\text{திருகு உயர்ந்துள்ள தூரம்} = h_1 = R_3 - R_1$$

$$\text{குவிந்த பக்கத்தின் வளைவு ஆரம்} = \frac{L^2}{6h} + \frac{h_1}{2}$$

L, கோளமானியின் இரு கால்களுக்கு இடையிலான தூர மாகும். (கோளமானியின் எந்த இரு கால்களுக்கும் இடையே இதே தூரம்தான் இருக்கும்.)



கோளமானியின் அமைப்பு

P — புரி அளவுகோல்
H — தலை அளவுகோல்
A — திருகின் முனை
B — மரை
C — திருகின் தலை

கோளப் பரப்பின் குழிந்த பக்கத்திற்கு இவ் வாய்வினைச் செய்யும்போது திருகு தாழ்ந்து வருவதைக் காணலாம்.

திருகு தாழ்ந்துள்ள தூரம் $= h_2 = R_1 - R_4$

குழிந்த பக்கத்தின் வளைவு ஆரம் $= \dfrac{L^2}{6h_2} + \dfrac{h_2}{2}$

ஆய்வுப் பதிவு

மரைத் தூரம் = ... அதம அளவு = ...

வரிசை எண்	புரிக்கோல் அளவீடு	தலைக்கோல் அளவீடு	மொத்த அளவீடு
			சுழி அளவீடு R_1
			தட்டையான பொருளோடு அளவீடு R_2
			குவிந்த பக்க அளவீடு R_3
			குழிந்த பக்க அளவீடு R_4

2. ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல்
(Single Optic Lever)

நோக்கம்

ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் முறையைப் பயன்படுத்தி சிறு கண்ணாடித் துண்டின் தடிப்பைக் (thickness) கண்டறிதல்.

தேவையான கருவிகள்

தொலைநோக்கி (telescope), ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல், மீட்டர் அளவுகோல் (metre scale), மரத் தாங்கி (wooden stand), சிறு கண்ணாடித் துண்டு ஆகியவை.

செய்முறை

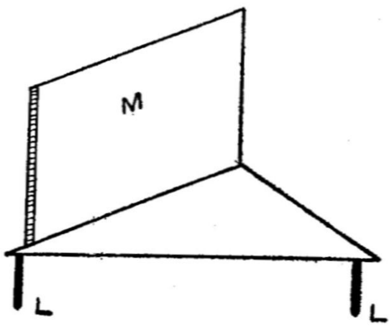
சமதளமாகவுள்ள தடித்த கண்ணாடிப் பரப்பின் மேல் ஒளியியல் நெம்புகோலை அதன் மூன்று கால்களும் பரப்பைத் தொடுமாறு வைத்து இந்த அமைப்பினை மரத் தாங்கியின் மீது வைக்கவேண்டும். நெம்புகோலிலுள்ள சமதள ஆடி செங்குத்துத் தளத்தில் (vertical plane) இருக்கவேண்டும்.

இப்போது நெம்புகோலிலிருந்து ஏறக்குறைய ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் தொலைநோக்கியை நிறுத்தி அதன் அச்சு நெம்புகோலின் சமதள ஆடியை நோக்கி இருக்கும்படி செய்ய வேண்டும். தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு கருவியைச் (eye piece) சீரமைத்து ஒரு குறுக்குக் கம்பி செங்குத்தாகவும் மற்றொன்று கிடைமட்டமாகவும் இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். மீட்டர் அளவுகோல் ஒன்றைச் செங்குத்தாகத் தொலைநோக்கியின் அருகில் நிறுத்தினால் அதன் குறியீடுகள் நெம்புகோலின் சமதள ஆடியில் எதிரொளித்து, குறியீடுகளின் பிம்பம் தொலைநோக்கி யின் பார்வைப் புலத்தில் (field of view) விழும். கிடைமட்டக் குறுக்குக் கம்பிக்கு நேராக உள்ள குறியீட்டினை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும் (X என்போம்).

பிறகு நெம்புகோலின் பின் இரு கால்களையும் அசையாமல் பார்த்துக்கொண்டு முன்னால் உள்ள காலைச் சற்றே தூக்கி அதற்கும் கண்ணாடிப் பரப்பிற்கும் உள்ள இடைவெளியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சிறிய கண்ணாடித் துண்டினை நுழைத்திட வேண்டும்.

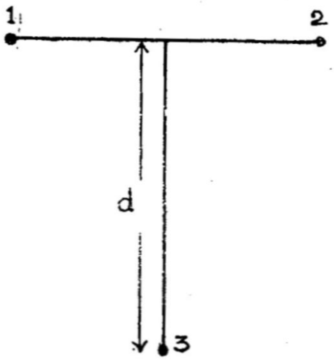
தொலைநோக்கியின் கிடைமட்ட குறுக்குக் கம்பிக்கு நேராக இருக்கும் மீட்டர் அளவுகோலின் குறியீட்டை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் (Y என்போம்).

நெம்புகோலிற்கும் மீட்டர் அளவுகோலிற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைப் பல முறை மாற்றி, ஒவ்வொரு தூரத்திற்கும் முன்போல் X மற்றும் Y குறியீடுகளை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.



L, L — நெம்புகோலின் கால்கள்

M — சமதள ஆடி



ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல்

1,2,3 — (நெம்புகோலின்) கால்களின் அடிச்சுவடுகள்

d — நெம்புகோலின் முன் காலிலிருந்து பின் கால்களை இணைக்கும் தளத்திற்குள்ள (செங்குத்தான) தூரம்.

ஆய்வுப் பதிவு

நெம்புகோலிற்கும் மீட்டர் அளவுகோலிற்கும் இடையே உள்ள தூரம் (இந்தத் தூரத்தை நெம்புகோலின் சமதள ஆடியிலிருந்து அளக்கவேண்டும்) $= l$.

நெம்புகோலின் பின் இரு கால்களை இணைக்கும் தளத்திற்கும் முன் காலிற்கும் இடையேயுள்ள (செங்குத்தான) தூரம் ($\perp^r$ distance between front leg and the plane containing the hind legs) $= d$.

அட்டவணை

வரிசை எண்	மீட்டர் அளவுகோல் குறியீடு X	மீட்டர் அளவுகோல் குறியீடு Y	வேறுபாடு $(X \backsim Y)$	கண்ணாடித் துண்டின் தடிப்பு $t = \frac{(X \backsim Y)d}{2l}$

3. திட மற்றும் திரவப் பொருள்களின் ஒப்படர்த்தி (Specific Gravities of Solids and Liquids)

நோக்கம்

கனமற்ற (கார்க், மரத் துண்டு போன்ற) பொருள், கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவம் மற்றும் கனமற்ற தண்ணீரில் கரையும் (படிகாரம், கற்கண்டு போன்ற) பொருளின் ஒப்படர்த்தியை பௌதிகத் தராசைப் பயன்படுத்திக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

பௌதிகத் தராசு, திட மற்றும் திரவப் பொருள்கள், அமிழ்த்தி (sinker), மரப் பாலம் (hydrostatic bench) முதலியன.

செய்முறை

பயன்படுத்தப்போகும் பௌதிகத் தராசின் சுழிநிலைப் புள்ளியை (zero resting point) முதலில் கணக்கிடவேண்டும். தராசின் திருகுகளைச் சீரமைத்து இதனை அளவுகோலின் மையப் புள்ளிக்கு அருகே இருக்குமாறு செய்யவேண்டும்.

இப்போது அமிழ்த்தியைக் காற்றில் நூலினால் இடது தட்டிலிருந்து தொங்கவிட்டு அதன் சரியான நிறையைக் காண வேண்டும். இதை m என்போம். இடது தட்டின் மேல் சிறிய மரப் பாலத்தை, அதன் மீது படாதவாறு வைத்து, பாலத்தின் மேல் முகவை (beaker) ஒன்றில் தண்ணீரை ஊற்றி அமிழ்த்தியை நீரினுள் தொங்கவிட்டு அதன் நிறையைக் காணவேண்டும். இதை m_1 என்போம். கனமற்ற கார்க் போன்ற பொருளைக் காற்றிலும் அமிழ்த்தி நீரிலும் இருக்கும்படி செய்து நிறையை m_2 என எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். அமிழ்த்தியையும் கார்க்கையும் ஒன்றாகச் சேர்த்துக் கட்டி இரண்டையும் நீரினில் தொங்கவிட்டு நிறையை m_3 எனக் காணவேண்டும். முகவையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு அமிழ்த்தியை அதனுள் தொங்கவிட்டு நிறையை m_4 எனக் கண்டறிய வேண்டும்.

பிறகு தண்ணீரில் கரையும் கற்கண்டு போன்ற திடப் பொருளை முறையே காற்று மற்றும் அது கரையாத திரவத்தினுள் தொங்கவிட்டுக் கிடைக்கும் நிறைகளை m_5 மற்றும் m_6 எனக் கொள்ளவேண்டும்.

கனமற்ற தண்ணீரில் கரையாத பொருளின் ஒப்படர்த்தி

$$= \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3}$$

கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி

$$= \frac{m - m_4}{m - m_1}$$

தண்ணீரில் கரையும் திடப் பொருளின் ஒப்படர்த்தி

$$= \frac{m_5}{m_5 - m} \times \text{(பயன்படுத்திய திரவத்தின் ஒப்படர்த்தி)}$$

ஆய்வுப் பதிவு—திட, திரவப் பொருள்களின் ஒப்படர்த்தி

ஆய்வு எண்	இடத் தட்டில் உள்ள பொருள்	வலத் தட்டில் எடை	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப் புள்ளி	சரியான நிறை
			இடது	வலது		
	பொருளேதும் இன்றி	சுழி			சுழி நிலைப் புள்ளி (zero resting point)	சுழி
	அமிழ்த்தி (காற்றில்)					m
	அமிழ்த்தி (நீரினுள்)					m_1
	கனமற்ற பொருள் (காற்றில்) + அமிழ்த்தி (நீரினுள்)					m_2

ஆய்வு எண்	இடத் தட்டில் உள்ள பொருள்	வலத் தட்டில் எடை	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப் புள்ளி	சரியான நிறை
			இடது	வலது		
	கனமற்ற பொருள் + அமிழ்த்தி (இரண்டும் நீரினுள்)					m_3
	அமிழ்த்தி (கொடுக்கப்பட்ட திரவத்தினுள்)					m_4
	தண்ணீரில் கரையும் திடப் பொருள் (காற்றில்)					m_5
	தண்ணீரில் கரையும் திடப் பொருள் (அது கரையாத ஒரு திரவத்தினுள்)					m_6

II. வெப்பம்

(Heat)

4. காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்
(Determination of Volume Coefficient of Air)

நோக்கம்

காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்ணைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

அடி உருண்ட ஒரு குடுவை (round-bottomed flask), நீர் நிரப்பப்பட்ட பாத்திரம், வெப்பநிலை மானி, தாங்கி முதலியன.

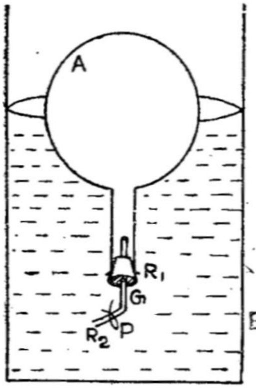
செய்முறை

ஏறக்குறைய அரை லிட்டர் பருமனுள்ள (volume) நன்கு உலர்ந்த, உருண்டையான அடியைக் கொண்ட குடுவை ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு ஒரு துளையுள்ள ரப்பர் அடைப்பானுல் இறுக மூட வேண்டும். இத்துளையில் ஒரு சிறு கண்ணுடிக் குழாயைச் செருகி அதில் ஒரு ரப்பர் குழாயைப் பொருத்தி அதன் மேல் ஒரு கவ்வியைப் (pinch cock) போட்டுக் காற்றுப் புகாவண்ணம் செய்யவேண்டும்.

கவ்வியைத் திறந்துவிட்டுக் குடுவையை ஒரு சிறு தண்ணீர்ப் பாத்திரத்தில் செங்குத்தாகக் கழுத்துவரை அமிழ்த்தி நீரைச் சூடாக்கவேண்டும். இதனுல் குடுவையிலுள்ள காற்று விரிவடைந்து கண்ணுடிக் குழாய் வழியாக வெளியேறும். இந்த விரிவு ஏற்படும்போது குடுவையிலுள்ள காற்று வளியழுத்தத்திலேயே (atmospheric pressure) இருக்கும். நீர் கொதிக்கும்போது அதன் வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்த நிலையிலேயே நீண்ட நேரம் வைத்திருந்தால் குடுவையிலுள்ள காற்றின்

விரிவு பூர்த்தியாகிவிடும். இப்போது கவ்வியை ரப்பர் குழாயில் இருக்கவேண்டும்.

குடுவையை வெளியே எடுத்து, இன்னொரு குளிர்ந்த நீர் நிறைந்த பாத்திரத்திற்குள் குடுவையைத் தலைகீழாக அமிழ்த்தி கவ்வியை எடுத்துவிட வேண்டும். குளிர்ந்த நீரினுள் இருப்பதால் குடுவையிலுள்ள காற்று குளிர்ந்து சுருங்கும். வெளி நீர் குடுவையினுள் நுழையும். சிறிது நேரத்தில் உட்காற்று முழுவதும் நீரின் வெப்பநிலையை அடைந்துவிடும். இவ் வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.



காற்றின் பருமப் பெருக்க எண்—ஆய்கருவியின் அமைப்பு

A — குடுவை
R_1 — துளையுள்ள ரப்பர் அடைப்பான்
G — கண்ணாடிக்குழாய்
P — கவ்வி
R_2 — ரப்பர் குழாய்
B — தண்ணீர்ப் பாத்திரம்

மெதுவாகக் கண்ணாடிக் குடுவையைச் சரிசெய்து உள் மற்றும் வெளி நீர் ஒரே மட்டத்தில் இருக்கும்படி செய்து கவ்வியை மீண்டும் பொருத்த வேண்டும். இதனால் உட்காற்றின் அழுத்தம் வளியழுத்தத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்.

குடுவையில் உள்ள நீரின் பருமனை ஓர் அளவுச் சாடியைக் (measuring jar) கொண்டு காணவேண்டும்.

ஆய்வுப் பதிவு

குளிர்ந்த நீரின் வெப்பநிலை $= T_1$

நீரின் கொதி வெப்பநிலை $= T_2$

குடுவையின் பருமன் $= V$

இறுதியில் குடுவையில் உள்ள நீரின் பருமன் $= v$

காற்றின் பருமப் பெருக்க எண் $= \dfrac{v}{(V-v)\,T_2 - VT_1}$

அலகுகள்

பருமன், வெப்பநிலை முதலியவற்றை முறையே க.செமீ., °C ஆகிய அலகுகளால் அளந்திடவேண்டும்.

காற்றின் பருமப் பெருக்க எண் .../°C என்ற அலகில் கிடைக்கும்.

5. காற்றின் அழுத்த விரிவெண்—ஜாலியின் கருவி

(Pressure Coefficient of Air—Joly's Apparatus)

நோக்கம்

ஜாலியின் கருவியைப் பயன்படுத்தி காற்றின் அழுத்த விரிவெண்ணைக் காணல்.

தேவைப்படும் கருவிகள்

ஜாலியின் கருவி, வெப்பநிலை மானி, ஃபார்ட்டின் பாரமானி (Fortin's Barometer), தண்ணீர்ப் பாத்திரம் முதலியன.

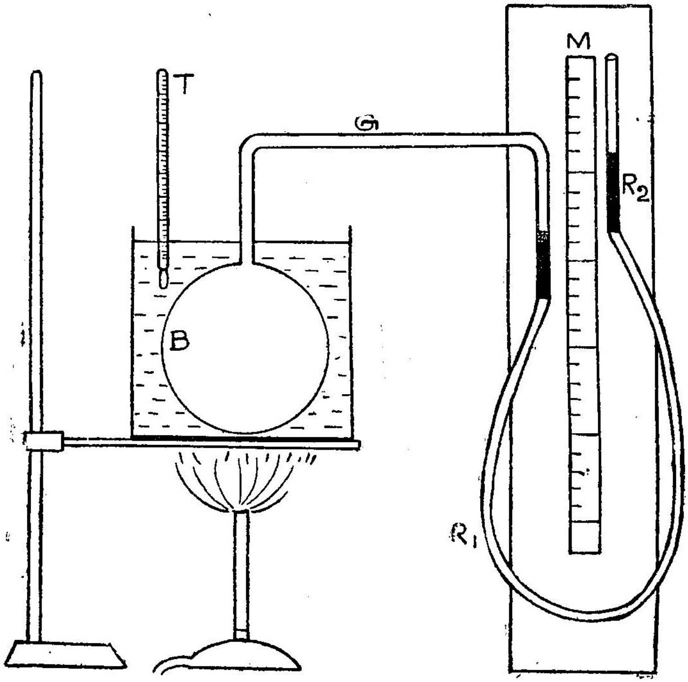
செய்முறை

ஜாலியின் கருவியில் உள்ள கோள வடிவமான கண்ணடிக் குமிழில் (bulb) நன்கு உலர்ந்த காற்று நிறைந்துள்ளது. இக் குமிழிலிருந்து இருமுறை மடிக்கப்பட்ட (செங்குத்தாக) கண்ணடி நுண் குழாய், ஒரு பாதரச சேமிப்புக் குழாயை (reservoir of mercury) ஒரு ரப்பர் குழாயின் மூலம் இணைக்கிறது. இந்த அமைப்பு ஒரு செங்குத்தான பலகையில் மீட்டர் அளவுகோலுடன் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

இடதுபுறமுள்ள கண்ணடிக் குழாயில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு எதிரில் பாதரச மட்டம் ஒன்றியிருக்கும்படி சேமிப்புக் குழாயைச் சரிசெய்தால் காற்றின் பருமன் மாருமலிருக்கும்.

குமிழினை நீர் நிரம்பிய பாத்திரத்தினுள் இருக்கும்படி வைத்து நீரின் இப்போதைய வெப்பநிலையில் பாதரச மட்டம் குறிப்பிட்ட அளவிற்கு எதிரில் இருக்கும்படி செய்து, இரு (வலது, இடது புறமுள்ள) பாதரச மட்டங்களுக்கும் இடையே உள்ள செங்குத்து உயரம் என்னவென்று குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். நீரைச் சூடேற்றிப் பல்வேறு வெப்பநிலைகளில் சோதனை செய்ய வேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை கொதிநிலையை அடையும்வரை பல

முறை இதுபோன்று உயரங்களை எடுத்து அட்டவணையிட வேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை குறைந்து வரும்போதும், முன்பு



காற்றின் அழுத்த விரிவெண்—ஜாலியின் கருவி ஆய்கருவியின் அமைப்பு

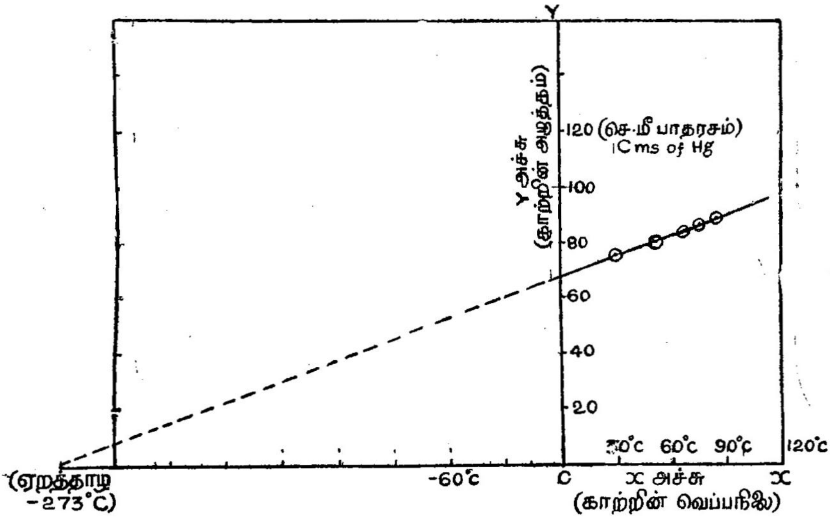
B — கோள வடிவிலுள்ள கண்ணாடிக் குமிழ்
G — கண்ணாடி நுண் குழாய்
R_1 — ரப்பர் குழாய்
T — வெப்பநிலை மானி
M — மீட்டர் அளவுகோல்
R_2 — பாதரச சேமிப்புக் குழாய்

எடுத்துக்கொண்ட வெப்பநிலைகளில் இரு புறமுமுள்ள பாதரச மட்டங்களின் இடையே உள்ள செங்குத்து உயரங்களைக் காண வேண்டும்.

வளியழுத்தம் (ஃபார்ட்டின் பாரமானியிலிருந்து இதைக் காணலாம்) $= H$

வலது புறமுள்ள குறியீட்டின் மட்டம் $= h_1$

வெப்ப நிலை	வலதுபுற (சேமிப்புக் குழாய்) பாதரச மட்டம்			செங்குத்து உயர வேறுபாடு h $(h_2—h_1)$	காற்றின் அழுத்தம் $P=H+(h_2-h_1)$
	வெப்ப நிலை உயரும் போது	வெப்ப நிலை குறையும் போது	சராசரி h_2		



காற்றின் அழுத்த விரிவெண் ('அழுத்தம்—வெப்பநிலை' வரைபடம்)

அளவுத்திட்டம் : X அச்சு 1 சிறிய கட்டம் = 30°C

Y அச்சு 1 சிறிய கட்டம் = 20 செமீ. பாதரசம் (cm. of Hg)

P_1, P_2 முதலியன முறையே T_1 மற்றும் T_2 என்ற வெப்ப நிலைகளில் உள்ள காற்றின் அழுத்தங்கள் என்றால் காற்றின் அழுத்த விரிவெண் $= \dfrac{P_2 - P_1}{P_1T_2 - P_2T_1}$

மேற்கண்டபடி வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் உள்ள அழுத் தங்களை எடுத்துக்கொண்டு, பன்முறை கணக்கிட்டுச் சராசரி மதிப்பைக் காணலாம்.

அழுத்தங்களின் மதிப்புகளை Y அச்சிலும் வெப்பநிலையை X அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் தீட்டி அதன் துணை கொண்டு காற்றின் அழுத்த விரிவெண் மற்றும் தனிச்சுழி வெப்பநிலை (absolute zero) ஆகியவற்றைக் காணலாம் — அழுத்த விரிவெண் .../°C என்ற அலகில் கிடைக்கும்.

6. திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழு

(Coefficient of Apparent Expansion of a Liquid)

நோக்கம்

ஒரு திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழுவைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

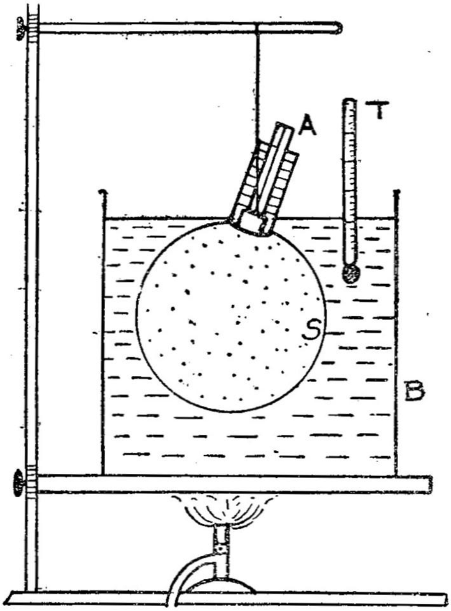
அடர்த்திக் குப்பி (specific gravity bottle), பௌதிகத் தராசு, வெப்பநிலை மானி (thermometer), ஒற்றுத் தாள் (blotting paper), சூடாக்கப்பட்ட நீரைக் கொண்டுள்ள பாத்திரம் முதலியன.

செய்முறை

காலியான நன்றாக உலர்ந்த ஓர் அடர்த்திக் குப்பியினை பௌதிகத் தராசில் எடையிடவேண்டும். பிறகு கொடுக்கப் பட்ட திரவத்தினால் அதை முழுவதும் நிரப்பி மூடியின் வழியே வெளிவரும் திரவத்தைத் துடைத்து மீண்டும் எடையிடவேண்டும். திரவத்தின் வெப்பநிலையை ஒரு வெப்பநிலை மானியைப் (thermometer) பயன்படுத்திக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

ஒரு சிறு பாத்திரத்தில் நீரை ஊற்றி, திரவம் நிரப்பிய அடர்த்திக் குப்பியினைக் கழுத்துவரை மூழ்கியிருக்குமாறு தொங்க விட்டு நீரைச் சூடாக்கவேண்டும். விரிவடைந்த திரவம் மூடியி லுள்ள துளை வழியாக வெளிவரும். இதை ஓர் ஒற்றுத் தாளினால் (blotting paper) துடைத்துவிடவேண்டும். நீர் கொதிநிலையை

(boiling point) அடைந்துவிட்டால்—அதற்குமேல் வெப்பநிலை ஏருதாகையால்—திரவத்தின் விரிவு நின்றுவிடும். இந்நிலையில் ஒற்றுத் தாளை மூடியின் துளையில் வைத்துப் பார்த்தால் திரவத்



திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழு
ஆய்கருவியின் அமைப்பு

S — அடர்த்திக் குப்பி (திரவம் நிரப்பிய)
T — வெப்பநிலை மானி
B — கொதிக்கும் நீருள்ள பாத்திரம்
A — மூடி

தின் விரிவு நின்றுவிட்டது தெரியவரும். இப்போது நீரின் கொதி நிலை வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். குப்பியினைப் பாத்திரத்திலிருந்து வெளியே எடுத்துக் குளிரவைத்தபின் மீதி உள்ள திரவத்தினுடன் எடையிடவேண்டும்.

ஆய்வுப் பதிவு

காலி அடர்த்திக் குப்பியின் நிறை $= W_1$

திரவம் நிரப்பப்பட்ட அடர்த்திக் குப்பியின் நிறை $= W_2$

அடர்த்திக் குப்பியை நிரப்பும் திரவத்தின் நிறை

$$= (W_2 - W_1)$$

இறுதியில், மீதி இருக்கும் திரவத்துடன் குப்பியின் நிறை $= W_3$

மீதி இருக்கும் திரவத்தின் நிறை $= (W_3 - W_1)$

திரவத்தின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= T_1$

திரவத்தின் இறுதி வெப்பநிலை $= T_2$

வெப்பநிலை உயர்வு $= (T_2 - T_1)$

கணக்கிடும் முறை

$$\text{திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழு} = \frac{W_2 - W_3}{(W_3 - W_1)\ (T_2 - T_1)}$$

குறிப்பு

திரவத்தின் தனி விரிவுக் கெழுவினை (coefficient of absolute expansion of the liquid) கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டின் மூலம் கண்டறியலாம்.

திரவத்தின் தனி விரிவுக் கெழு = (திரவத்தின் தோற்ற விரிவுக் கெழு + அடர்த்திக் குப்பியின் கன விரிவுக் கெழு (coefficient of cubical expansion of the bottle).

அலகுகள்

நிறைகளைக் கிராமிலும், வெப்பநிலைகளை °Cலும் அளக்க வேண்டும்.

தோற்ற (மற்றும் தனி) விரிவுக்கெழுவின் அலகு = ... /°C.

7. நீள் விரிவுக் கெழு—ஒளியியல் நெம்புகோல் முறை (Coefficient of Linear Expansion—Optic Lever Method)

நோக்கம்

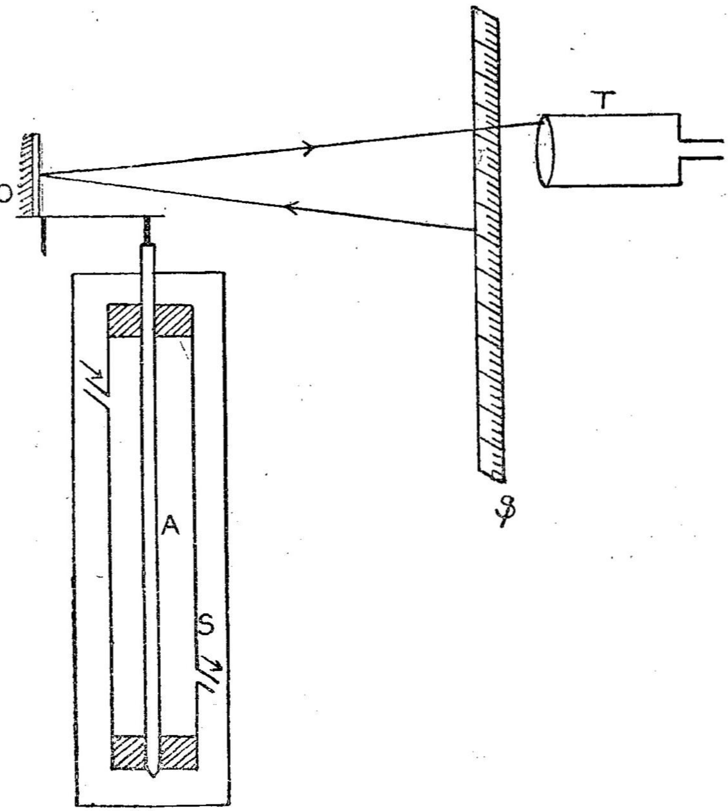
கோல் வடிவிலுள்ள ஒரு திடப் பொருளின் நீள் விரிவுக் கெழுவினை ஒளியியல் நெம்புகோல் முறைமூலம் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

கோல் வடிவிலுள்ள பொருள், வெப்பநிலை மானி, ஒளியியல் நெம்புகோல், மீட்டர் அளவுகோல், தொலைநோக்கி, நீராவி உறை (steam jacket) முதலியன.

செய்முறை

முதலில் கோலின் நீளத்தை அளந்து கொள்ளவேண்டும். ஆய்வு நிலைய வெப்பநிலையையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். பிறகு கோலை நீராவி உரையினுள் நிறுத்தி அதன் கீழ்ப்பாகம்



நீள் விரிவுக் கெழு—ஒளியியல் நெம்புகோல் முறை

ஆய்கருவியின் அமைப்பு

A – கோல் வடிவிலுள்ள பொருள்
s – மீட்டர் அளவுகோல்
T – தொலைநோக்கி
S – நீராவி உறை
O – ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல்

நன்கு படிந்திருக்கும்படியும் மேற்பாகம் சற்றே வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும்படியும் பொருத்தவேண்டும். (இதனால் கோல்

சூடாக்கப்படும்போது கீழ்ப்பாகம் நீளாமல் மேற்பாகம் மட்டுமே நீளும்.)

இப்பொழுது ஒற்றை ஒளியியல் நெம்புகோல் ஒன்றின்மூலம் தொலைநோக்கியின் துணை கொண்டு மேல்முனையின் நீள விரிவைக் கணக்கிடலாம். நெம்புகோலின் முற்பாகத்தில் உள்ள காலினை மேல்முனையில் படும்படிசெய்து நெம்புகோலின் பின்னால் (சமதள ஆடியின் கீழே) உள்ள கால்கள் ஒரு கண்ணாடிப் பரப்பின் (சமதள மான) மீது படும்படி அமைத்துத் தொலைநோக்கி நிறுத்தி செங்குத்தாக வைக்கப்பட்ட மீட்டர் அளவுகோல் கொண்ட அமைப்பை நெம்புகோலிலிருந்து ஏறக்குறைய ஒரு மீட்டர் தொலைவில் இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். தொலைநோக்கியின் கிடைமட்ட குறுக்குக் கம்பிக்கு எதிராக இருக்கும் மீட்டர் அளவு கோலின் குறியீட்டை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

நீராவியை வேறொரு இடத்தில் தோற்றுவித்து அதனை நீராவி உறையினுள் செலுத்தும்போது கோல் வடிவிலுள்ள திடப்பொருள் நீண்டு மேல் முனை முன்னேறி நெம்புகோலின் சமதள ஆடியின் தளத்தை மாற்றும். கோல் முழுவதும் நீராவியின் வெப்பநிலையை அடைந்ததும் நெம்புகோலின் இயக்கம் முடிவடைந்து விடும். இப்போது தொலைநோக்கியில் கிடைக்கும் புதிய அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். நீராவியின் வெப்பநிலையையும் எடுத்துக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

ஆய்வுப் பதிவு

ஆரம்ப அளவுகோல் குறியீடு $= S_1$

இறுதி அளவுகோல் குறியீடு $= S_2$

வேறுபாடு $= (S_1 \sim S_2)$

நெம்புகோலிற்கும் அளவுகோலிற்கும்

இடையேயுள்ள தூரம் $= D$

நெம்புகோலின் முன் காலிற்கும், பின் இரு கால்களை இணைக்கும் தளத்திற்கும் இடையே உள்ள தூரம் $= d$

(கோலின்) நீள அதிகரிப்பு $= \dfrac{d\,(S_1 \sim S_2)}{2D} = l$

கோலின் (ஆரம்ப) நீளம் $= L$

ஆரம்ப வெப்பநிலை $= T_1$

இறுதி வெப்பநிலை $= T_2$

நீள் விரிவுக் கெழு $= \frac{l}{L(T_2 - T_1)}$

குறிப்பு

கோலின் நீள அதிகரிப்பை ஒரு கோளமானி (spherometer) யைக் கொண்டு அளந்தும் இச்சோதனையைச் செய்யலாம்.

அலகுகள்

l, L ஆகியவற்றை செமீ-ல் அளந்தால் (T_1, T_2°C-ல் எடுத்து கொண்டால்)

நீள் விரிவுக் கெழுவின் அலகு ... /°C ஆகும்.

8. நியூட்டன் குளிர்வு விதி
(Newton's Law of Cooling)

நோக்கம்

நியூட்டன் குளிர்வு விதியைச் சரி பார்த்தல். கலோரி மீட்டரின் கதிர்வீச்சல் எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள்

கோள வடிவான கலோரிமீட்டர், நீர், வில் தராசு (spring balance), வெப்பநிலை மானி, வெர்னியர் காலிப்பர்ஸ்.

செய்முறை

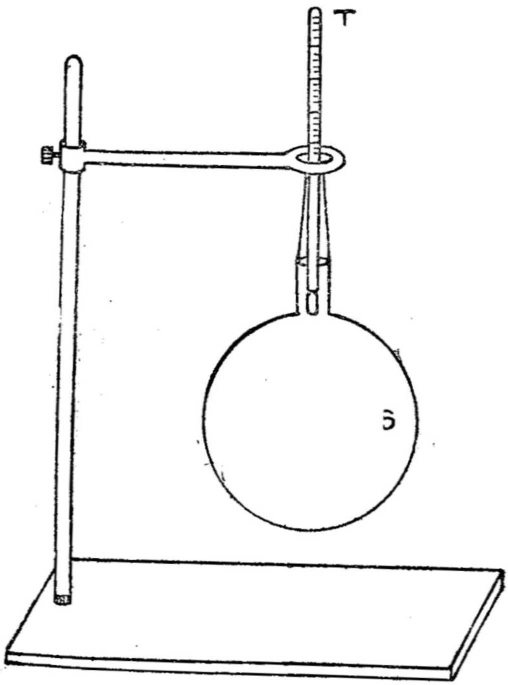
கோள வடிவிலுள்ள கலோரிமீட்டர் ஒன்றை எடுத்துக் கொண்டு வில் தராசினைப் பயன்படுத்தி அதன் நிறையினைக் காணவேண்டும். கொதி நிலையிலுள்ள நீரைக் கலோரிமீட்டரின் மேல்தளம் வரை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் மேல் பகுதியில் அமைந்துள்ள இடைவெளியின் வழியாக ஒரு வெப்ப நிலை மானியைச் செலுத்தவேண்டும். இந்த அமைப்பைத் தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடவேண்டும்.

நீரின் வெப்பநிலை 80°C-ஐ அடையும்போது ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தைத் (stop clock) துவக்கி விடவேண்டும். ஒவ்வொரு 2°C வெப்பநிலைக் குறைவிற்கும், அதாவது 78°C, 76°C, 74°C.... ஆகிய வெப்பநிலைகளில் நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ள

வேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை 50°C-ஐ அடையும் வரை தொடர்ந்து இவ்வாறு நேரத்தைக் குறிக்கவேண்டும்.

கலோரிமீட்டரும் அதில் உள்ள நீரும் ஆய்வு நிலைய வெப்ப நிலைக்கு வந்தவுடன் நீருடன் கலோரிமீட்டரின் நிறையைக் காண வேண்டும். வெர்னியர் காலிப்பர்ஸின் துணைகொண்டு கலோரிமீட்டரின் விட்டத்தை அளக்கவேண்டும். விட்டம் d என்றால், அதன் ஆரம் $r = \frac{d}{2}$. உருளை வடிவான கலோரிமீட்டராயிருப்பின் வெர்னியர் காலிப்பர்ஸைப் பயன்படுத்தி அதன் உயரத்தையும் விட்டத்தையும் அளந்திட வேண்டும்.

வெப்பநிலை குறையும் வீதங்களை ஆய்வுக் குறிப்புகளிலிருந்து கணக்கிடவேண்டும். நியூட்டன் குளிர்வு விதியைச் சரிபார்ப்



நியூட்டன் குளிர்வு விதி
ஆய்கருவி அமைப்பு

S — கோள வடிவிலுள்ள கலோரிமீட்டர்
T — வெப்பநிலை மானி

பதற்கு முதல் அட்டவணையில் கடைசிப் பத்தியில் கிடைக்கும் $t \times \theta$ மாறிலியாக இருக்கிறதா என்று காணவேண்டும்.

ஒரு ச.செமீ பரப்பளவுள்ள கதிர்வீசும் பரப்பு ஒரு விநாடி காலத்தில் தனது வெப்பநிலை சூழ்நிலை வெப்பநிலையைவிட 1°C கூடுதலாக இருக்கும்போது இழக்கும் வெப்ப அளவே அந்தக் குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையின்போது அந்தப் பரப்பின் கதிர்வீச்சல் எண் எனப்படும்.

ஆய்வுப் பதிவு

கலோரிமீட்டரின் நிறை = m_1 கிராம்

நீருடன் கலோரிமீட்டரின் நிறை = m_2 கிராம்

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் = s

ஆய்வு நிலைய வெப்பநிலை = T_0°C

கோள வடிவான கலோரிமீட்டருக்கு:

விட்டம் = d; ஆரம் = $r = \frac{d}{2}$; பரப்பளவு $A = 4\pi r^2$

உருளை வடிவான கலோரிமீட்டருக்கு:

உயரம் = h; விட்டம் = d; ஆரம் = $r = \frac{d}{2}$

பரப்பளவு $A = \pi r^2 + 2\pi rh$

கதிர் வீச்சல் எண் (T°Cல்)

$$= \frac{[(m_2 - m_1) + m_1 s]}{A} \frac{T^\circ\text{ல் வெப்பநிலை குறையும் வீதம்}}{(T^\circ - T_0^\circ)\ \text{C}}$$

குறிப்பு

நேரத்தை X–அச்சிலும், வெப்பநிலையை Y–அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு "குளிர்வு வரைபடம்" cooling curve) தீட்டலாம். வரைபடத்திலிருந்து வெப்பநிலைக் குறைவின் வீதத்தைக்கண்டு நியூட்டன் குளிர்வு விதியினைச் சரிபார்க்கலாம்.

அலகு

கதிர் வீச்சல் எண் = …….. கலோரி/விநாடி/சதுர செமீ/°C மிகுபாடு

Calories/Sec/Sq.cm/°C excess.

ஆய்வு நிலைய வெப்பநிலை =

வரிசை எண்	வெப்ப நிலை °C	நேரம் விநாடி	2°C வெப்ப நிலை குறைவிற்காகும் நேரம்- t விநாடி	நடு வெப்ப நிலை- °C	நடு வெப்ப நிலை ஏற்றம் θ°C	$t\times\theta$

கடைசிப் பத்தியில் கிடைக்கும் $t\times\theta$ மாறிலியாக இருக்க வேண்டும்.

வரிசை எண்	வெப்ப நிலை இடை வெளி °C	10°C குறைவிற்காகும் நேரம் விநாடி	வெப்ப நிலைக் குறைவு வீதம்	நடு வெப்ப நிலை °C	நடு வெப்ப நிலை ஏற்றம் °C	கதிர் வீச்சல் எண்

கதிர்வீச்சல் எண்ணின் அலகு ......கலோரி/விநாடி/க.செமீ/ °C ஏற்றம்

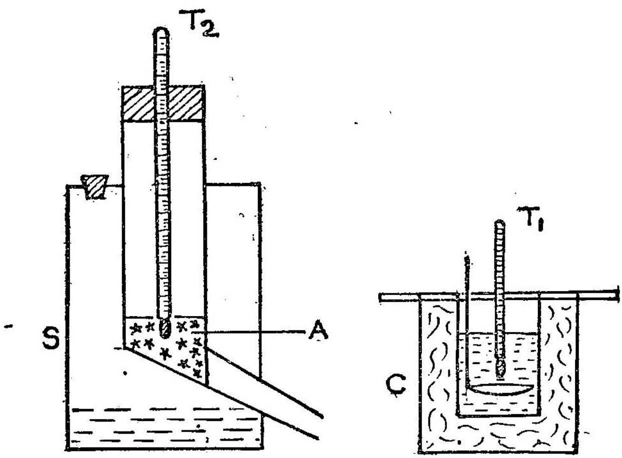
9. வெப்ப எண்—கலவை முறை
(Specific Heat—Method of Mixtures)

நோக்கம்

கலவை முறையின் மூலம் சிறு துண்டுகளாகக் கொடுக்கப் பட்டுள்ள திடப் பொருளின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

கலோரிமீட்டர் (calorimeter), *நீராவிச் சூடேற்றி* (steam chamber), *வெப்பநிலை மானி, நிறுத்துக் கடிகாரம்* (stop watch).



வெப்ப எண்—கலவை முறை
ஆய்கருவியின் அமைப்பு

S—*நீராவிச் சூடேற்றி* ; C—*கலோரிமீட்டர்*
T_1, T_2—வெப்பநிலை மானிகள் ; A—*சிறு துண்டுகளாக உள்ள திடப் பொருள்*

செய்முறை

முதலில் நன்கு பளபளப்பான காலி கலோரிமீட்டரை அதன் கலக்கியோடு எடையிடவேண்டும். பின் அதில் ஏறக்குறைய பாதியளவிற்கு நீரினை எடுத்துக்கொண்டு மீண்டும் எடையிட வேண்டும். ஒரு நுண்ணிய வெப்பநிலை மானியால் நீரின் வெப்ப நிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

சிறு துண்டுகள் வடிவில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள திடப் பொருளை நீராவிச் சூடேற்றியில் நீராவியைத் தொடாமல் வைத்துச்

சூடாக்க வேண்டும். திடப் பொருள் முழுவதும் நீராவியின் வெப்ப நிலையை அடைந்த பிறகு வெப்பநிலை மானி, திடப் பொருளின் வெப்பநிலைக்கு நிலையான ஓர் அளவினைக் காட்டும். பிறகு கலோரிமீட்டரைச் (கம்பளித் துணி நிரப்பப்பட்ட மரப்பெட்டி யினுள் வைத்து) சூடேற்றியின் சரிந்த குழாயின் கீழே வைத்து, சூடேற்றியின் மற்ருெரு (செங்குத்தாக உள்ள) குழாயினை மேலே தூக்கிஞல் துண்டுகள் வடிவிலுள்ள திடப் பொருள் வேகமாகச் சரிந்து கலோரிமீட்டருக்குள் விழுந்து, திட மற்றும் திரவப் பொருள்களின் கலவை உண்டாகும். இதனல் திடப் பொருள் குளிர்ந்து வெப்பத்தை இழக்கும். தாழ்ந்த வெப்பநிலையில் உள்ள கலோரிமீட்டரும் நீரும் வெப்ப ஈட்டம் பெறுகின்றன. கலவை யின் இறுதி வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை உயரும்போது கதிர்வீசலால் வெப்ப இழப்பு ஏற்படுகிறது. ஆகவே, இக்குளிர்தலுக்காக ஒரு திருத்தம் செய்யப்படவேண்டும்.

அரை நேரத் திருத்தம் (Half Time Correction)

திடப் பொருள் கலோரிமீட்டருக்குள் விழுந்தவுடன் ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு நீரின் வெப்பநிலை மிக உயர்ந்த மதிப்பை அடைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். தொடர்ந்து கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு அதே கால நேரம் கழித்து நீரின் வெப்பநிலையைக் காணவேண்டும். இந்த இரு வெப்பநிலைகளுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் பாதியே திருத்தம் ஆகும். முன் குறித்துக்கொண்ட உயர்ந்த வெப்பநிலை யுடன் இத்திருத்தத்தைக் கூட்டிக் கொண்டால் சரியான (திருத் தப்பட்ட) வெப்பநிலை கிடைக்கும்.

பார்ட்டன் முறைப்படி வெப்பநிலைகளைக் குறித்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் தீட்டியும் சரியான வெப்பநிலையைக் கணக் கிடலாம்.

ஆய்வுப் பதிவு

கலோரிமீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் நிறை	=	m_1
கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் நிறை	=	m_2
கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் மற்றும் திடப்பொருள் ஆகியவற்றின் நிறை	=	m_3
கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலை	=	T_1
சூடாக்கப்பட்ட திடப் பொருளின் வெப்பநிலை	=	T_2

இறுதியில் கலவையின் (திருத்தப்படாத) வெப்பநிலை $= T$

திருத்தம் $= dT$

திருத்தப்பட்ட கலவையின் வெப்பநிலை $= T_3 = T + dT$

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் $= s$

திடப் பொருளின் வெப்ப எண் (கணக்கிட வேண்டியது) $= S$

திடப் பொருளின் வெப்ப இழப்பு = மற்றவைகளின் வெப்ப ஈட்டம்

$$(m_3 - m_2)\, S\, (T_2 - T_3) = (m_1 s + m_2 - m_1)\, (T_3 - T_1)$$

அதாவது, திடப் பொருளின் வெப்ப எண்

$$= \frac{(m_1 s + m_2 - m_1)\, (T_3 - T_1)}{(m_3 - m_2)\, (T_2 - T_3)}$$

குறிப்பு: இதே கலவை முறையின் மூலம், வெப்ப எண் தெரிந்த திடப் பொருள் ஒன்றை எடுத்துக்கொண்டு, நீருக்குப் பதிலாக ஒரு திரவத்தைக் கலோரிமீட்டரில் எடுத்து அத்திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கணக்கிடலாம். திரவத்தின் வெப்ப எண்ணை X எனக் குறிப்பிடுவோம். (S-ன் மதிப்பு நமக்குத் தெரியும்.)

திடப் பொருளின் வெப்ப இழப்பு = கலோரிமீட்டர், கலக்கி மற்றும் திரவத்தின் வெப்ப ஈட்டம்

$$(m_3 - m_2)\, S\, (T_2 - T_3) = [m_1 s + (m_2 - m_1) X]\, (T_3 - T_1)$$

m_2— கலோரிமீட்டர், கலக்கி, திரவம் ஆகியவற்றின் நிறை.

(நீருக்குப் பதில் திரவத்தை எடுத்துக்கொண்டு சோதனையை முன்போலச் செய்யவேண்டும்.)

$$X = \frac{1}{(m_2 - m_1)} \left[\frac{(m_3 - m_2)\ S\ (T_2 - T_3)}{(T_3 - T_1)} \right] - \frac{m_1 s}{(m_2 - m_1)}$$

$$= \left[\frac{(m_3 - m_2)\ S\ (T_2 - T_3)}{(T_3 - T_1)} - m_1 s \right] \frac{1}{(m_2 - m_1)}$$

அலகுகள்

நிறை மற்றும் வெப்பநிலையைக் கிராம் மற்றும் °C ஆகிய அலகுகளால் அளந்து குறிக்கவேண்டும். X பரிமாணமற்ற (dimensionless) எண்ணாகும். இது Sக்கும் பொருந்தும்.

வரிசை எண்	இடத்தட்டில் உள்ள பொருள்	வலத்தட்டில் உள்ள எடை கிராம்	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப் புள்ளி	பொருளின் சரியான நிறை கிராம்
			இடது	வலது		
1	பொருளேது மின்றி	சுழி			சுழி நிலைப் புள்ளி	
2	கலோரிமீட்டர், கலக்கியுடன்					
3	கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீருடன்					
4	கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் மற்றும் திடப் பொருளுடன்					

10. திரவத்தின் வெப்ப எண்—குளிர்வு முறை
(Specific Heat of a Liquid—Method of Cooling)

நோக்கம்

குளிர்வு முறையின் மூலம் ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

கோள வடிவமான கலோரிமீட்டர், நீர், வெப்ப எண் காண வேண்டிய திரவம், வில் தராசு (spring balance), வெப்பநிலை மானி.

செய்முறை

கோள வடிவமுள்ள கலோரிமீட்டரின் நிறையை வில் தராசைப் பயன்படுத்திக் காணவேண்டும். கொதிநிலையிலுள்ள நீரைக் கலோரிமீட்டரின் மேல்தளம் வரை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் மேல் பகுதியில் அமைந்துள்ள இடைவெளியின் வழியாக ஒரு வெப்பநிலை மானியைச் செலுத்த வேண்டும். இந்த அமைப்பைத் தாங்கியிலிருந்து தொங்கவிடவேண்டும்.

நீரின் வெப்பநிலை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவினை அடையும்போது (எடுத்துக்காட்டாக, 80°C எனக்கொள்வோம்) நிறுத்துக் கடிகாரத்தைத் துவக்கிவிட வேண்டும். ஒவ்வொரு 2°C வெப்ப நிலைக் குறைவிற்கும் அதாவது 78°C, 76°C, 74°C... ஆகிய வெப்ப நிலைகளில் நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். நீரின் வெப்பநிலை 50°Cஐ அடையும் வரை தொடர்ந்து இவ்வாறு நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். கலோரிமீட்டரும் அதில் உள்ள நீரும் ஆய்வு நிலைய வெப்பநிலைக்கு வந்தவுடன் நீருடன் கலோரிமீட்டரின் நிறையைக் காணவேண்டும்.

இப்போது நீரைக் கொட்டிவிட்டு, ஏறக்குறைய 90°C வெப்ப நிலைக்குச் சூடாக்கப்பட்டிருக்கும் திரவத்தைக் கலோரிமீட்டரில் எடுத்துக்கொண்டு முன்போல 80°Cல் துவங்கி 50°C வரை ஒவ்வொரு 2°C வெப்பநிலைக் குறைவிற்கும் ஆகும் நேரத்தைக் குறித்து அட்டவணையிட வேண்டும். கலோரிமீட்டரும் திரவமும் ஆய்வு நிலைய வெப்பநிலைக்கு வந்தவுடன் நிறையைக் காண வேண்டும்.

ஆய்வுப் பதிவு

கலோரிமீட்டரின் நிறை $= m_1$

கலோரிமீட்டர், நீர் ஆகியவற்றின் நிறை $= m_2$

கலோரிமீட்டர், திரவம் ஆகியவற்றின் நிறை = m_3

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் =

அட்டவணை

வெப்பநிலை	நேரம்	
	நீர்	திரவம்
80°C		
78°C		
76°C		
.		
.		
.		
.		
.		
50°C		

வெப்பநிலை இடைவெளி (Range)	வெப்பநிலை இழப்பிற்காகும் நேரம்		$\frac{t_2}{t_1}$
	நீர்—t_1	திரவம்—t_2	

$$\text{திரவத்தின் வெப்ப எண்} = \frac{(m_2-m_1+m_1 s)\left(\frac{t_2}{t_1}\right)-m_1 s}{m_3-m_1}$$

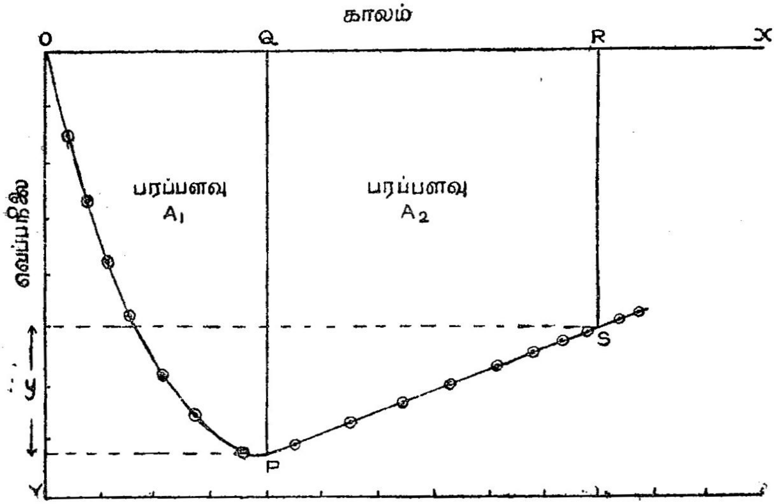
11. பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்
(Latent Heat of Fusion of Ice)

நோக்கம்

பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

கலோரிமீட்டர், பனிக்கட்டித் துண்டுகள், வெப்பநிலை மானி, நிறுத்துக் கடிகாரம் முதலியன.



பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுரை வெப்பம்
(பார்ட்டனின் முறைப்படி திருத்தம், Barton's Correction)

திருத்தம் $= dT$

$$y = \left(\frac{\text{பரப்பளவு } A_1}{\text{பரப்பளவு } A} \right) = y \left(\frac{OPQ}{PQRS} \right)$$

(தகுந்த அளவுத் திட்டத்தைக் கையாளவேண்டும்)

செய்முறை

நன்கு பளபளப்பான கலோரிமீட்டரை அதன் கலக்கியோடு எடையிட வேண்டும். பின்னர் அதை ஏறக்குறைய பாதியளவிற்கு நீரினல் நிரப்பி மறுபடியும் எடையிடவேண்டும். நீரின் வெப்ப நிலையை ஒரு வெப்பநிலை மானியால் கண்டு குறிக்கவேண்டும்.

பனிக்கட்டிகளைச் சிறு துண்டுகளாகத் தூய வெள்ளைத் துணியின் மடிப்புகளுக்கிடையே வைத்து அதன் ஈரம் போகும்படி செய்து கலோரிமீட்டருக்குள் போட்டுக் கலவையைக் கலக்க வேண்டும். கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் வெப்பநிலை குறையும்; அதன் மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இப்போது மீண்டும் கலோரிமீட்டரை அதனுள்ளிருக்கும் நீருடன் எடையிட வேண்டும்.

இச்சோதனையில் கலோரிமீட்டரும் அதிலிருந்த நீரும் குளிர்ந்து வெப்ப இழப்பு அடைகின்றன. பனிக்கட்டி 0°C-ல் உருகுவதற்கு உள்ளுறை வெப்பத்தையும் உருகிய நீர் 0°C-லிருந்து இறுதி வெப்பநிலைக்குச் சூடேறுவதற்கு வேண்டிய வெப்பத்தையும் ஈட்டமாகப் பெற்றுள்ளது.

அரை நேரத் திருத்தம் அல்லது பார்ட்டன் முறைப்படி கிடைக்கும் திருத்தத்தினைக் கணக்கிட்டு, இறுதியாகக் குறித்த வெப்பநிலையிலிருந்து இத்திருத்தத்தைக் கழித்தால் திருத்தம் செய்யப்பட்ட சரியான இறுதி வெப்பநிலை கிடைக்கும். பார்ட்டன் முறையில் தான் துல்லியமான முறையில் திருத்தத்தைக் கணக்கிடலாம்.

ஆய்வுப் பதிவு

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண்	$= s$
கலோரிமீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் நிறை	$= m_1$
கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் நிறை	$= m_2$
கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் உருகிய பனிக்கட்டி ஆகியவற்றின் நிறை	$= m_3$
கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலை	$= T_1$
கலோரிமீட்டர், உருகிய பனியோடு கூடிய நீரின் வெப்பநிலை	$= T$
திருத்தம்	$= dT$
திருத்தப்பட்ட இறுதி வெப்பநிலை	$= T-dt$
	$= T_2$

(இத்திருத்தம், உட்கவர் திருத்தம் (absorption correction) எனப்படும். எனவே, dT-ஐ T-யிலிருந்து கழிக்கவேண்டும்.)

கலோரிமீட்டரும் நீரும் இழந்த வெப்பம் = பனிக்கட்டித் துண்டுகள் ஈட்டிய வெப்பம்

$$\{(m_2-m_1)+m_1s\}\,(T_1-T_2)=(m_3-m_2)\,L+(m_3-m_2)\,(T_2-0)$$

பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்,

$$L=\frac{\{(m_2-m_1)+m_1s\}\{T_1-T_2\}}{(m_3-m_2)}-T_2$$

குறிப்பு: கடைசியில் கிடைக்கும் வெப்பநிலை ஆய்வு நிலையப் பனிநிலையை(dew point)விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

அலகு: m_1, m_2, m_3—கிராம்; T_1, T — °C

L = ...கலோரி/கிராம்

பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்

வரிசை எண்	இடது தட்டில் உள்ள பொருள்	வலது தட்டில் உள்ள எடை	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப் புள்ளி	பொருளின் சரியான நிறை
			இடது	வலது		
1	பொருளேதுமின்றி	சுழி				
2	கலோரி மீட்டர் மற்றும் கலக்கி					
3	கலோரி மீட்டர், கலக்கி மற்றும் நீர்					
4	கலோரி மீட்டர், கலக்கி, நீர் மற்றும் உருகிய பனிக் கட்டி					

12. நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்

(Latent Heat of Steam)

நோக்கம்

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பத்தை அல்லது நீர் ஆவியாவதின் உள்ளுறை வெப்பத்தைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

கொதிகலன், நீர்ப்பொறி, கலோரிமீட்டர், வெப்பநிலை மானி முதலியன.

ஆய்வு அமைப்பின் விளக்கம்

கொதிகலனில் நீரைக் கொதிக்கவைத்து நீராவியைத் தோற்றுவித்து ஒரு குழாய் வழியாகப் பாய்ச்சி நீர்ப்பொறியினுள் செலுத்தினால் நீர்த்துளிகள் நீக்கப்பட்டு உலர்ந்த நீராவி ஒரு கண்ணாடிக் குழாய் வழியாக வெளிப்படும்.

செய்முறை

முதலில் நன்கு பளபளப்பான காலி கலோரிமீட்டரை அதன் கலக்கியோடு எடையிடவேண்டும். பின் அதில் பாதியளவிற்கு நீர் எடுத்துக்கொண்டு மீண்டும் எடையிடவேண்டும். ஒரு நுண்ணிய வெப்பநிலை மானியால் (sensitive thermometer) நீரின் வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

கலோரிமீட்டரை கம்பளித் துணி நிரப்பப்பட்டுள்ள மரப் பெட்டியினுள் வைத்து கண்ணாடிக் குழாயிலிருந்து வெளிப்படும் உலர்ந்த நீராவியைக் கலோரிமீட்டரிலுள்ள நீரினில் செலுத்தினால் நீரின் வெப்பநிலை உயர்வதைக் காணலாம். நீரினை நன்கு ஆனால் மெதுவாகக் கலக்கவேண்டும். ஏறத்தாழ 5°C வெப்பநிலை உயர்வு ஏற்பட்டதும் கலோரிமீட்டரில் நீராவி புகுவதை நிறுத்தி நீரினைத் தொடர்ந்து கலக்கி இறுதி வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

நீரின் வெப்பநிலை உயரும்போது கதிர்வீச்சலால் வெப்ப இழப்பு ஏற்படுகிறது. ஆகவே, இக்குளிர்தலுக்காக ஒரு திருத்தம் செய்யப்படவேண்டும்.

அரை நேரத் திருத்தம் (Half Time Correction)

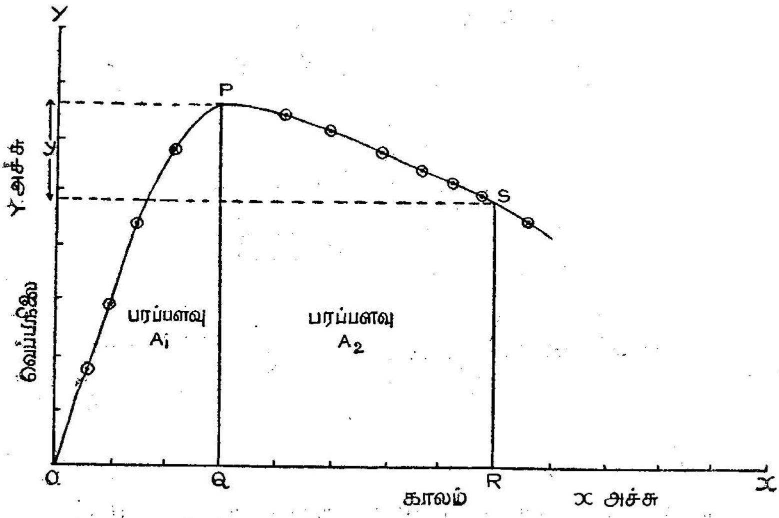
நீராவியைக் கலோரிமீட்டருக்குள் செலுத்தத் துவங்கும் போது ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தை (stop-clock) ஓடவிட்டு நீரின் வெப்பநிலை மிக உயர்ந்த மதிப்பை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும்

நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். தொடர்ந்து கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு அதே கால நேரம் கழித்து நீரின் வெப்பநிலையைக் காணவேண்டும். இந்த வெப்பநிலைகள் இரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் பாதித் தொகையானது திருத்தம் ஆகும்.

முன் குறித்துக்கொண்ட உயர்ந்த வெப்பநிலையுடன் இத் திருத்தத்தைக் கூட்டிக்கொண்டால் சரியான (திருத்தப்பட்ட) வெப்பநிலை கிடைக்கும்.

பார்ட்டனின் முறைப்படி திருத்தத்தைக் கணக்கிடுவது (Barton's Method)

அரைநேர முறையைவிட இந்த முறை துல்லியமான வகையில் திருத்த வெப்பநிலையைக் கொடுக்கும். நீராவியினைக் கலோரி மீட்டரிலுள்ள நீரினில் செலுத்தும்போது கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு 15 அல்லது 30 விநாடிகளுக்கு ஒரு முறை வெப்பநிலையைக் குறித்துக்கொண்டு அட்டவணையிடவேண்டும். நீர் உச்ச வெப்பநிலையையடைந்து அதிலிருந்து குறைந்தது 0·5°C வெப்பநிலை இழக்கும்வரை மேற்கூறியபடி அட்டவணையிடவேண்டும். வெப்பநிலைக்கும் நேரத்திற்கும் வரைபடம் ஒன்று தீட்டவேண்டும். இந்த வரைபடத்திலிருந்து திருத்தம் செய்யவேண்டிய வெப்பநிலையின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.



$$\text{திருத்தம்} = dT$$

$$= y \left[\frac{\text{பரப்பளவு } A_1}{\text{பரப்பளவு } A_2} \right] = y \left[\frac{OPQ}{PQRS} \right]$$

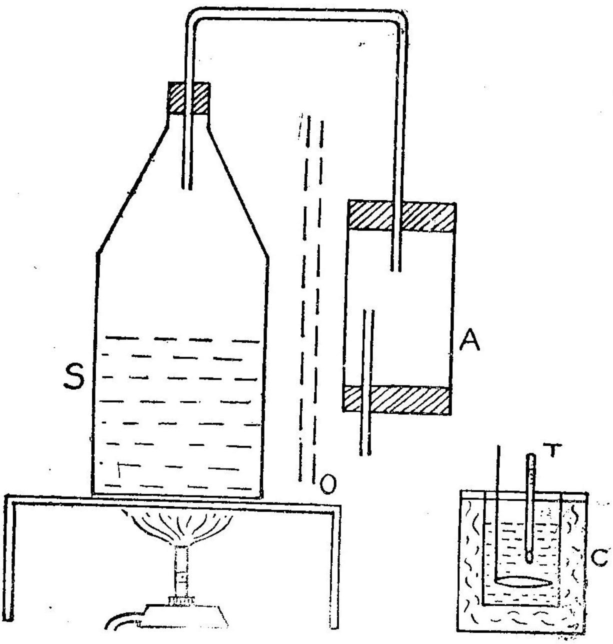
(தகுந்த அளவுத் திட்டத்தைக் கையாளவேண்டும்)

ஆய்வுப் பதிவு

கலோரிமீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் நிறை $= m_1$
கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் ஆகியவற்றின் நிறை $= m_2$
கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர், சுருங்கிய நீராவி ஆகியவற்றின் நிறை $= m_3$
நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= T_1$
நீராவியின் வெப்பநிலை $= T_2$
நீரின் இறுதி (உயர்ந்த) வெப்பநிலை $= T_3$
திருத்தம் $= dT$
திருத்தம் செய்யப்பட்ட நீரின் (சரியான) வெப்பநிலை $= T_3 + dT$ $= T$
கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் $= s$
நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்

$$L = \frac{(m_1 s + m_2 - m_1)(T - T_1)}{(m_3 - m_1)} - (T_2 - T)$$

அலகு : $L =$ ...... கலோரி/கிராம்.



நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்—ஆய்கருவியின் அமைப்பு

S — கொதிகலன்
A — நீர்ப்பொறி
O — (கொதிகலனிலிருந்து வெப்பம் பரவுவதைத் தடுக்க) திரை
C — கலோரிமீட்டர்
T — வெப்பநிலை மானி

நீராவியின் உள்ளுறை வெப்பம்

வரிசை எண்	இடது தட்டில் உள்ள பொருள்	வலது தட்டில் உள்ள எடை	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப்புள்ளி	பொருளின் சரியான நிறை
			இடது	வலது		
1	பொருளேதுமின்றி	சுழி			சுழி நிலைப் புள்ளி	
2	கலோரிமீட்டர் மற்றும் கலக்கி					
3	கலோரிமீட்டர், கலக்கி, மற்றும் நீர்					
4	கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் மற்றும் சுருங்கிய நீராவி					

13. எளிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்—சேர்ல் முறை

(Conductivity of a Good Conductor—Searle's Method)

நோக்கம்

சேர்ல் ஆய் கருவியைப் பயன்படுத்தி ஓர் எளிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறனைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

சேர்ல் ஆய் கருவி, அழுத்தமாறு நீர்த் தேக்கி (constant pressure-head reservoir), நிறுத்துக் கடிகாரம், நீராவிப் பொறி, வெப்பநிலை மானிகள் முதலியன.

செய்முறை

கோல் வடிவத்திலுள்ள எளிதிற் கடத்தியின் ஒரு முனை நீராவிப் பொறியினுல் சூடாக்கப்பட்டு வெப்பம் மறுமுனைக்குக் கடத்தல் (conduction) முறையால் பரவுகிறது. இரு வெப்ப நிலைமானிகளை எளிதிற் கடத்தியின் மேற்பாகத்தில் உள்ள துவாரங்களில் நுழைத்து நிலையான வெப்பநிலைகளை அவை காட்டும்போது அந்த வெப்பநிலைகளைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். (இதற்கு மேல் வெப்பநிலை உயராது.) இந்தத் துவாரங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை மீட்டர் அளவு கோலினுல் அளந்து கொள்ளவேண்டும்.

கோலின் (சூடேற்றப்படாத) குளிர்ந்த முனைச் சுற்றி ஒரு சுருளில் (spiral) ஒரே அழுத்தத்தில் நீரைப்பாய்ச்சி ஏற்புவாய் (inlet), விடுவாய் (outlet) வெப்பநிலைகளை நுண்ணிய வெப்ப நிலை மானிகளால் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். (இந்த வெப்ப நிலைகளும் நிலையான குறியீடுகளைக் காண்பிக்கவேண்டும்.)

இப்போது நிறை தெரிந்த ஒரு முகவையில் விடுவாயிலிருந்து வரும் நீரைக் குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குச் சேகரித்து நீருடன் முகவையின் நிறையைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். இதிலிருந்து ஒரு வினுடி நேரத்தில் வெளிவரும் நீரின் நிறையைக் கணக்கிடலாம்.

நீர் பாயும் வீதத்தை மாற்றிச் சோதனையைப் பல முறை செய்யலாம்.

வரிசை எண்	இடத் தட்டில் உள்ள பொருள்	வலத் தட்டில் உள்ள எடை	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப் புள்ளி	பொருளின் சரியான நிறை
			இடது	வலது		
	பொருளேதுமின்றி	சுழி			சுழி நிலைப் புள்ளி	
	(காலி) குடுவை					
	குடுவை சேகரித்த நீருடன்					

ஆய்வுப் பதிவு

குடுவையின் நிறை $= m_1$

குடுவை மற்றும் சேகரித்த நீரின் நிறை $= m_2$

சேகரித்த நீரின் நிறை $= (m_2 - m_1) = m$

கோலின் வெப்பநிலை (முதல், சூடேறிய முனைக்கு அருகிலுள்ள, துவாரத்தில்) $= T_1$

கோலின் வெப்பநிலை (இரண்டாவது துவாரத்தில்) $= T_2$

இரு துவாரங்களுக்கும் இடையே உள்ள தூரம் $= l$

சுருளின் ஏற்புவாய் வெப்பநிலை $= T_3$

சுருளின் விடுவாய் வெப்பநிலை $= T_4$

(உருளை வடிவுள்ள) கோலின், எளிதிற் கடத்தியின்,

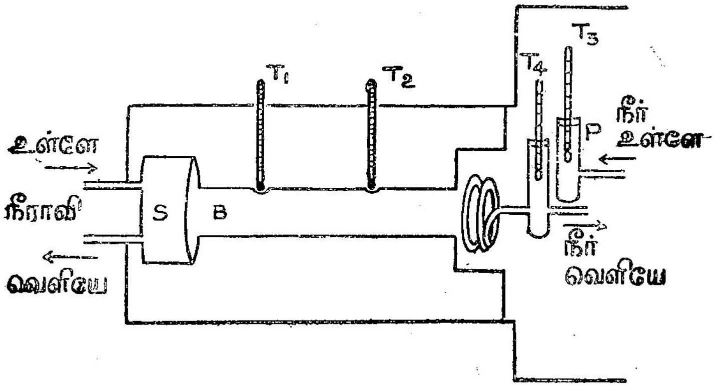
விட்டம் $= d$;

ஆரம் $= r$

கோலின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு (cross sectional area) $= \pi r^2 = A$

எளிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்,

$$K = \frac{m\,(T_4 - T\,)\,l}{A\,(T_1 - T_2)}$$



எளிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன் — சேர்ல் முறை ஆய்கருவியின் அமைப்பு

B — கோல் வடிவிலுள்ள எளிதிற் கடத்தி S — நீராவிப் பொறி
P — அழுத்தமாறு நீர்த்தேக்கி T_1, T — வெப்பநிலை மானிகள்
T_3, T_4 — நுண்ணிய வெப்பநிலை மானிகள்

அலகுகள்

நிறை, வெப்பநிலை, நீளம் ஆகியவற்றை முறையே கிராம் °C, செமீ ஆகிய அலகுகளில் எடுத்துக்கொண்டால்

$K = \ldots\ldots$ கலோரி/விநாடி/சதுர செமீ./அலகு வெப்பநிலை வாட்டம்

என்னும் அலகில் கிடைக்கும்.

14. அரிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்— லீ வட்டு முறை

(Conductivity of a Bad Conductor—Lee's Disc Method)

நோக்கம்

லீ வட்டு முறையின் மூலம் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அரிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறனைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

லீ வட்டு ஆய்கருவி (Lee's disc apparatus), வெப்பநிலைமானி, வில் தராசு (spring balance), வெர்னியர் காலிப்பர்ஸ், திருகு அளவி (screw gauge) முதலியன.

செய்முறை

லீ வட்டு ஆய்கருவியிலுள்ள பித்தளை வட்டின் (brass disc) நிறையை வில் தராசைப் பயன்படுத்திக் காணவேண்டும். பித்தளை வட்டின் ஆரத்தையும் தடிப்பையும் முறையே வெர்னியர் காலிப்பர்ஸ், திருகு அளவி ஆகியவற்றைக் கொண்டு அளந்து குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

பிறகு பித்தளை வட்டைத் தாங்கியிலிருந்து கிடைமட்டத்திற் தொங்கும்படி செய்து அதன்மேல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வட்டு வடிவமான அரிதிற் கடத்தியை (பித்தளை வட்டின் ஆரம் கொண்ட) வைத்து இவை யிரண்டின் மேல் நீராவி செலுத்தப்படும் உள்ளீடற்ற பித்தளை வட்டை அமைக்கவேண்டும். நீராவி மற்றும் பித்தளை வட்டின் நிலையான வெப்பநிலை (steady temperature) களைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

இப்போது அரிதிற் கடத்தியை நீக்கிவிட்டு அமைப்பின் அடியில் உள்ள பித்தளை வட்டை நீராவிப் பொறியால் நேராகச் சூடேற்றினல் பித்தளை வட்டின் வெப்பநிலை மேலும் உயரும். 5°C உயர்வு ஏற்பட்டவுடன், பித்தளை வட்டைக் குளிரவைத்து, ஒவ்வொரு °C குறைவிற்கும் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தை ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தின் மூலம் குறித்து அட்டவணையிட வேண்டும். முன்பு குறித்த நிலையான வெப்பநிலைக்கு 5°C குறைவு ஏற்படும் வரை காலத்தைக் குறிக்கவேண்டும்.

வெர்னியர் காலிப்பர்ஸ்

(பித்தளை வட்டின் விட்டத்தை அளந்து, அதன் ஆரத்தைக் கணக்கிடல்)

அதம அளவு (வெர்னியரின்) =

தொடக்கப் பிழை =

வரிசை எண்	முதன்மை அளவுகோல் அளவீடு	வெர்னியர் ஒன்றிப்பு	மொத்த (கண்டறிந்த) அளவு	சரியான அளவு (திருத்தப் பட்ட அளவு)
1				
2				
3				

சராசரி விட்டம் =

$$\text{ஆரம்} = \frac{\text{விட்டம்}}{2} =$$

திருகு அளவி

(அரிதிற் கடத்தி மற்றும் பித்தளை வட்டின் தடிப்பைக் காணல்)

தொடக்கப் பிழை = அதம அளவு =

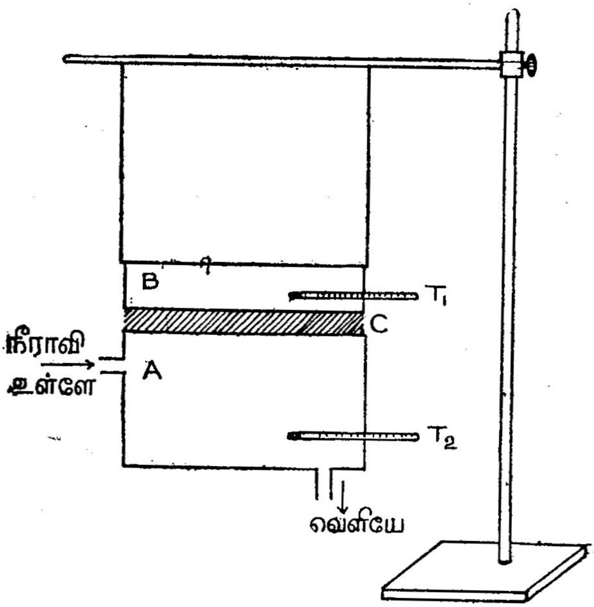
வரிசை எண்	புரி அளவுகோல் அளவீடு	தலை அளவு கோல் அளவீடு	மொத்த (கண்டறிந்த) அளவு	சரியான அளவு (திருத்தப் பட்ட அளவு)
பித்தளை விட்டு				
1				
2				
3				
அரிதிற் கடத்தி				
1				
2				
3				

பித்தளை வட்டின் வெப்பநிலை—காலம் அட்டவணை

வெப்பநிலை	காலம்	வெப்பநிலை	காலம்
96°C			
5°C			
.			
.			
.			
.			
.			
.			
.			
.			

குளிர்வு வீதத்தைக் (Rate of Cooling) கணக்கிடல்

வரிசை எண்	வெப்பநிலை இடைவெளி °C	$d\theta$ °C	காலம்	$d\theta/dt$ குளிர்வு வீதம்
1	96—86	10		
2	95—87	8		
3	94—88	6		



அரிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்—லீ வட்டு முறை ஆய்கருவியின் அமைப்பு

C — அரிதிற் கடத்தி B — பித்தளை வட்டு
A — நீராவிப் பொறி T_1, T_2 — வெப்பநிலை மானிகள்

ஆய்வுப் பதிவு

பித்தளை வட்டின் நிலையான வெப்பநிலை $= T_1$
நீராவிப் பொறியின் நிலையான வெப்பநிலை $= T_2$

பித்தளை வட்டின் நிறை $= m$

பித்தளையின் வெப்ப எண் $= s$

பித்தளை வட்டின் ஆரம் $= r$

பித்தளை வட்டின் தடிப்பு $= d$

குளிர்வு வீதம் $= \dfrac{d\theta}{dt}$

அரிதிற் கடத்தியின் தடிப்பு $= X$

அரிதிற் கடத்தியின் கடத்து திறன்

$$K = \left(\frac{r+2d}{2r+2d}\right)\left(\frac{ms}{\pi r^2}\right) \cdot \left(\frac{\quad}{T_2 - T_1}\right)\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$$

அலகுகள்

X, r, d — செமீ

m — கிராம்

T_1, T_2 — °C

$\left(\dfrac{d\theta}{dt}\right)$ — °C/விநாடி.

கடத்து திறன் $K = \ldots\ldots$ கலோரி/விநாடி/சதுர செமீ./அலகு வெப்பநிலை வாட்டம்

Calories/Sec/Sq.cm/Unit temperature gradient

குறிப்பு

வரைபடம் ஒன்று தீட்டியும் $\left(\dfrac{d\theta}{dt}\right)$ யின் மதிப்பைக் காணலாம்.

15. வெப்ப - எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று (Mechanical Equivalent of Heat)

நோக்கம்

ஜூலின் கலோரிமீட்டரைக் கொண்டு வெப்ப - எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்றின் மதிப்பைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

ஜூலின் கலோரிமீட்டர், மின் தடையுள்ள கம்பிச் சுருள், அம்மீட்டர் (ammeter), வோல்ட்மீட்டர் (voltmeter), மின் தடை மாற்றி (rheostat), மின்கலஅடுக்கு (battery), பௌதிகத் தராசு முதலியன.

செய்முறை

கலோரிமீட்டரை அதன் கலக்கியுடன் எடையிட்டு அதில் கம்பிச் சுருள் நன்கு மூழ்கியிருக்கும்படி நீரை ஊற்றி நீருடன் கலோரிமீட்டரின் நிறையைக் காணவேண்டும்.

பின் கலோரிமீட்டர், மின்கல அடுக்கு, அம்மீட்டர், மின்தடை மாற்றி, முளைச் சாவி (plug key) ஆகியவற்றைத் தொடர் முறையிலும் வோல்ட்மீட்டரைக் கம்பிச் சுருளுடன் பக்கவாட்டிலும் இணைத்து, நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொண்டு மின்னோட்டத்தைப் பாயச் செய்து உடன் ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தையும் ஓடச் செய்ய வேண்டும்.

ஏறத்தாழ 15 அல்லது 20 நிமிடங்களில் நீரின் வெப்பநிலை 5°அல்லது 6°C உயர்ந்திருக்கும். இப்போது நீரின் மிக உயர்ந்த வெப்பநிலையைக் குறித்துக் கொண்டு, வெப்பநிலை உயர்வைக் கணக்கிடவேண்டும். நுண்ணிய வெப்பநிலை மானியைப் பயன்படுத்தி இதைத் துல்லியமாகக் காணவேண்டும்.

சோதனையின்போது, அவ்வப்போது அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் அளவீடுகளைக் குறித்துக்கொண்டு அவற்றின் படுத்தி மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும்.

ஆய்வுப் பதிவு

கலோரிமீட்டர், கலக்கி ஆகியவற்றின் நிறை $= m_1$

கலோரிமீட்டர், கலக்கி மற்றும் நீர் ஆகியவற்றின் நிறை $= m_2$

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் $= s$

நீரின் ஆரம்ப வெப்பநிலை $= T_1$

நீரின் இறுதி வெப்பநிலை (மிக உயர்ந்த) $= T_2$

அம்மீட்டர் அளவீடு $= i$

வோல்ட்மீட்டர் அளவீடு $= V$

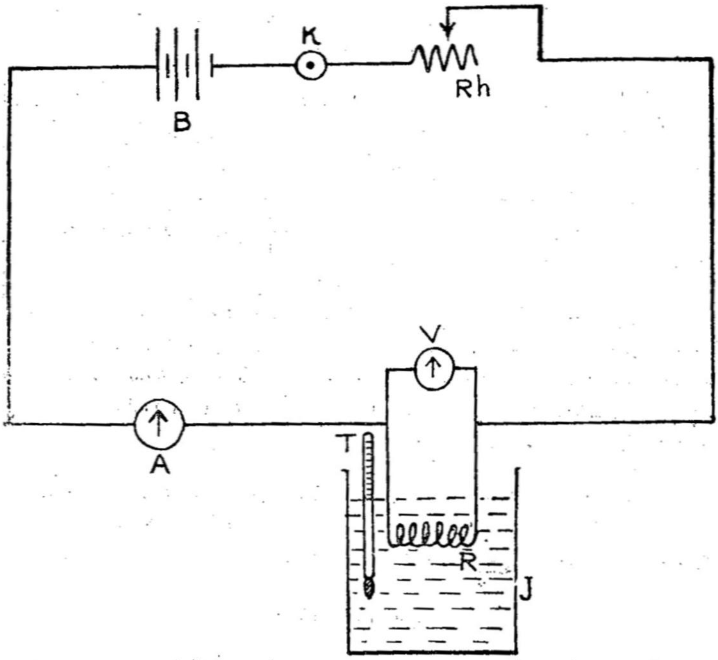
மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம் $= t$

வெப்ப-எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று

$$J = \frac{Vit}{(m_1 s + m_2 - m_1)(T_2 - T_1)}$$

குறிப்பு: இதே முறையைப் பயன்படுத்தி ஒரு திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் காணலாம்.

இப்போது $J = \dfrac{Vit}{[m_1 s + (m_2 - m_1)X][T_2 - T_1]}$



வெப்ப-எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று — ஜூலின் கலோரிமீட்டர் ஆய்கருவி அமைப்பு

J — ஜூலின் கலோரிமீட்டர் R — மின்தடையுள்ள கம்பிச் சுருள்
A — அம்மீட்டர் V — வோல்ட்மீட்டர் B — மின்கல அடுக்கு
K — முளைச்சாவி Rh — மின்தடை மாற்றி T — வெப்பநிலை மானி

J-ன் மதிப்பைத் தெரிந்து X திரவத்தின் வெப்ப எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கலாம். நீருக்குப் பதிலாக இத்திரவத்தை ஜூல் கலோரிமீட்டரில் எடுத்துக்கொண்டு சோதனையைச் செய்ய வேண்டும்.

அலகுகள்

m_1, m_2 — கிராம்
T_1, T_2 — °C
i — ஆம்பியர் (Ampere)
V — வோல்ட் (Volt)
t — விநாடி (Second)
J = ... ஜூல்/கலோரி என்ற அலகினில், கிடைக்கும்.

ஜூலின் கலோரிமீட்டர்

வரிசை எண்	இடது தட்டில் உள்ள பொருள்	வலது தட்டில் உள்ள எடை	திரும்பு புள்ளிகள்		நிலைப்புள்ளி	பொருளின் சரியான நிறை
			இடது	வலது		
1	பொருளேது மின்றி	சுழி			சுழி நிலைப்புள்ளி	
2	கலோரிமீட்டர் கலக்கியுடன்					
3	கலோரிமீட்டர், கலக்கி மற்றும் நீருடன்					

III. ஒளி

(Light)

16. குவி, மற்றும் குழி ஆடிகளின் குவியத் தூரம்
(Focal Length of Convex and Concave Mirrors)

நோக்கம்

குவி மற்றும் குழி ஆடிகளின் குவியத் தூரத்தைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

குவி ஆடி, குழி ஆடி, சமதள ஆடி (plane mirror), தாங்கிகள், மீட்டர் அளவுகோல், ஒளியூட்டப்பட்டுள்ள குறுக்குக் கம்பிகள் வடிவிலுள்ள பொருள், பிம்பம் விழுவதற்கான திரை, குவியத் தூரம் தெரிந்த குவி வில்லை (convex lens of known focal length)

செய்முறை

குழி ஆடியின் குவியத் தூரத்தைக் காண.

தொலை பொருள் முறை

மேசை மேல் தாங்கியில் குழி ஆடியை நிறுத்தி வைத்து ஆடியின் எதிரொளிக்கும் பரப்பைத் தூரத்திலுள்ள ஒரு மரம் அல்லது கட்டடத்தின் பக்கம் திருப்பி ஆடியின் முன்புறம் திரையை வைக்கவேண்டும். திரையினை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி தொலை பொருளின் சிறிய தெளிவான தலைகீழான பிம்பம் விழும்படி செய்யவேண்டும். ஆடியின் மையத்திற்கும் திரைக்கும் உள்ள தூரமே குழி ஆடியின் குவியத் தூரமாகும். பொருளி லிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறக்குறையவே இணையானவை. ஆகவே, இம்முறையில் கிடைக்கும் மதிப்புச் சிறிதளவு பிழை யுள்ளதாகவே இருக்கும்.

நேர் எதிரொளி முறை (Direct Reflection Method)

ஒளியூட்டப்பட்டுள்ள குறுக்குக் கம்பி வலை வடிவிலுள்ள பொருளின் முன்னே தாங்கியில் ஆடியைப் பொருத்தி, ஆடியை முன்னும் பின்னும் நகர்த்திப் பொருளின் அளவிலேயே உள்ள தலைகீழான நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட அதன் பிம்பம், பொருளின் பக்கத்திலேயே ஒளிப் பெட்டியில் விழும்படி செய்யவேண்டும். ஆடியின் மையத்திற்கும் திரைக்கும் அதாவது ஒளிப் பெட்டிக்கும் இடையேயுள்ள தூரம் ஆடியின் வளைவு ஆரம் (radius of curvature) ஆகும். இந்த நீளத்தில் பாதி குழி ஆடியின் குவியத் தூரம் ஆகும்.

u–v முறை (u–v Method)

கொடுக்கப்பட்டுள்ள குழி ஆடியைத் தாங்கியில் பொருத்தி ஒளியூட்டப்பட்ட பொருளின் முன்னால் அதன் குவியத் தூரத்திற்கு அதிகமாகவுள்ள தூரத்தில் நிறுத்தினால் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் திரையை அமைத்து மெய்ப் பிம்பம் (real image) கிடைக்கும்படி செய்யலாம்.

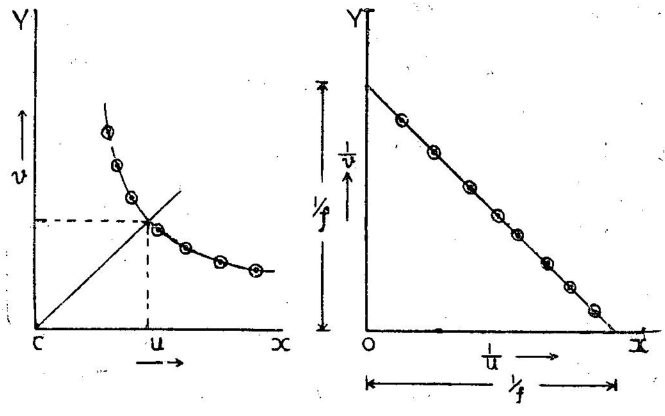
பொருள் ஆடியிலிருந்து உள்ள தூரத்தை u என்றும் பிம்பம் ஆடியிலிருந்து உள்ள தூரத்தை v என்றும் அளந்தால் ஆடியின் குவியத் தூரம் f-ஐக் கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

i.e.,

$$f = \frac{uv}{+}$$

வரைபட முறை (Graphical Method)



u அளவுகளை x–அச்சிலும், v அளவுகளை y-அச்சிலும் எடுத்துக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் தீட்டவேண்டும். இரு அச்சுகளிலும் ஒரே அளவுத் திட்டத்தையும் (scale) ஒரே தோற்றுவாயினையும் (origin) கையாள வேண்டும். XOY-ன் சமவெட்டி (bisector) வரைகோட்டை A என்னும் புள்ளியில் வெட்டும்.

A–ல் $u = v$

எனவே,
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$
$$= \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$
$$= \frac{2}{u}$$

அதாவது
$$f = \frac{u}{2}$$

Aவுக்குரிய u அல்லது v குவியத் தூரத்தின் இரு மடங்கைக் குறிக்கும்.

$\frac{1}{u}$, $\frac{1}{v}$ அளவுகளைப் பயன்படுத்தி வரைகோடு தீட்டினுல் அது ஒரு நேர்கோடாக இருப்பதைக் காணலாம். அதன் இரு முனைகளையும் நீட்டிவிடும்போது இரு அச்சுகளையும் A, B என்ற புள்ளிகளில் வெட்டட்டும்.

$$A\text{–ல்},\ \frac{1}{u} = 0;\ \text{ஆகவே},\ \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

அல்லது
$$OA = \frac{1}{f}$$

$$B\text{–ல்},\ \frac{1}{v} = 0;\ \text{ஆகவே},\ \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

அல்லது
$$OB = \frac{1}{f}$$

OA, OB ஆகியவற்றின் சராசரியைக் கணக்கிட்டு அதனின்றும் குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

குவி ஆடியின் குவியத் தூரத்தைக் காணல்

கொடுக்கப்பட்டுள்ள குவி ஆடியின் குவியத் தூரத்திற்கு அதிகமான குவியத் தூரம் கொண்டுள்ள ஒரு குவி வில்லையைப்

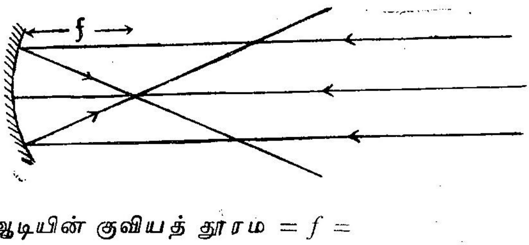
பயன்படுத்த வேண்டும். மேற்கூறிய குவி வில்லையைத் தாங்கியில் பொருத்தி ஒளியூட்டப்பெற்ற பொருளின் முன்னால் நிறுத்தி ஏறக் குறைய அதே தூரத்தில் திரையில் பின்புறம் பொருளின் மெய்யான, நன்கு தெளிவான உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பம் விழும்படி செய்யவேண்டும். வில்லையிலிருந்து பொருள் மற்றும் பிம்பத்தின் தூரத்தை முறையே மற்றும் v என்று அளந்திட வேண்டும்.

கொடுக்கப்பட்டுள்ள குவி ஆடியினைத் தாங்கியில் பொருத்தி வில்லைக்கும் திரைக்கும் இடையே நிறுத்தி, ஆடியினை முன்னும் பின்னும் நகர்த்திப் பொருளுக்குப் பக்கத்திலேயே ஒளிப் பெட்டி யில் அதன் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கும்படி செய்யவேண்டும். இப்போது குவி ஆடிக்கும் திரைக்கும் இடையே உள்ள தூரமே ஆடியின் வளைவு ஆரமாகும். இதில் பாதியே குவி ஆடியின் குவியத் தூரமாகும்.

ஆய்வுப் பதிவு

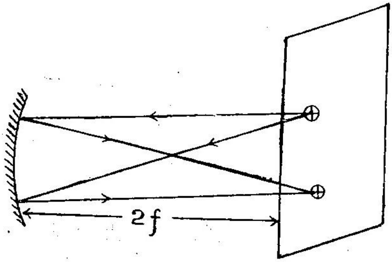
குழி ஆடி

தொலைதூரப் பொருள் முறை (Distant Object Method)



குழி ஆடியின் குவியத் தூரம $= f =$

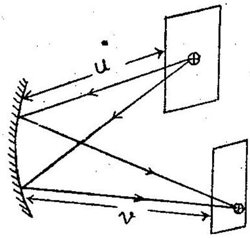
நேர் எதிரொளி முறை (Direct Reflection Method)



குழி ஆடியின் வளைவு ஆரம் $= r =$

குழி ஆடியின் குவியத் தூரம் $= f = \frac{r}{2} =$

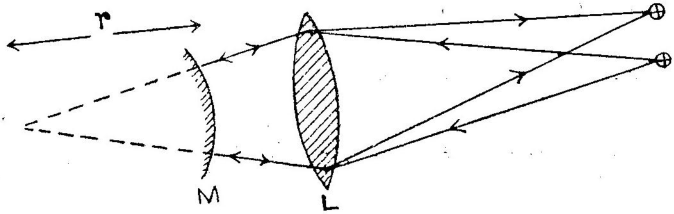
u–v முறை (u–v Method)



வரிசை எண்	பொருளின் தூரம் u	பிம்பத்தின் தூரம் v	குவியத் தூரம் $f=\frac{uv}{u+v}$

குவி ஆடி

வரிசை எண்	வில்லையிலிருந்து பொருளின் தூரம் u	வில்லையிலிருந்து திரையின் தூரம் v	வில்லையிலிருந்து ஆடியின் தூரம் x	வளைவு ஆரம் $r=(v-x)$



குவி ஆடியின் குவியத் தூரம் — ஆய்கருவியின் அமைப்பு

L— குவி வில்லை M— குவி ஆடி r— குவி ஆடியின் வளைவு ஆரம்

17. குவி மற்றும் குழி வில்லைகளின் குவியத் தூரம்
(Focal Length of Convex and Concave Lenses)

நோக்கம்

குவி மற்றும் குழி வில்லைகளின் குவியத் தூரத்தைக் காணல்.

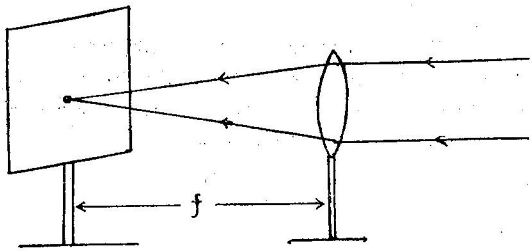
தேவையான கருவிகள்

குவி வில்லை, குழி வில்லை, தாங்கிகள், மீட்டர் அளவுகோல், ஒளியூட்டப்பட்டுள்ள குறுக்குக் கம்பிகள் வடிவிலுள்ள பொருள், பிம்பம் விழுவதற்கான திரை, சமதள ஆடி.

செய்முறை

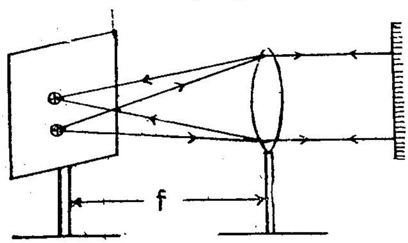
(குவி வில்லை)

தொலைதூரப் பொருள் முறை **(Distant Object Method):** குவி



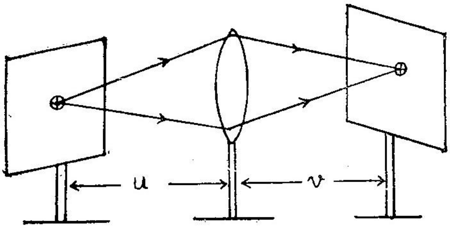
வில்லையைச் செங்குத்தாக ஒரு தாங்கியில் பொருத்தி வெகு தொலைவிலுள்ள ஒரு மரத்தின் அல்லது கட்டிடத்தின் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் திரையின்மீது விழும்படி செய்ய வேண்டும். வில்லைக்கும் திரைக்கும் இடையே உள்ள தூரமே வில்லையின் குவியத் தூரமாகும். பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் ஏறக்குறையவே இணையானவை. ஆகவே, இம்முறையில் கிடைக்கும் மதிப்பு சிறிதளவு பிழையுள்ளதாகவே இருக்கும்.

சமதள ஆடி முறை **(Plane Mirror Method):** குவி வில்லையை முன்போல் செங்குத்தாகத் தாங்கியில் பொருத்தி ஒளியூட்டப்பெற்ற பொருளின் முன்னே நிறுத்தி, அதன் பின்னர் செங்குத்தாகச் சமதள ஆடியை வைத்து வில்லையை முன்னும் பின்னும் நகர்த்திப் பொருளின் அருகில் அதன் தெளிவான பிம்பம் விழும்படி செய்யவேண்டும். இந்நிலையில் குவி வில்லைக்கும் ஒளிப்



பெட்டிக்கும் உள்ள தூரம் வில்லையின் குவியத் தூரத்தைக் கொடுக்கும்.

u-v முறை (u-v Method): கொடுக்கப்பட்ட குவி வில்லையைத் தாங்கியில் பொருத்தி ஒளியூட்டப் பெற்ற பொருளின் முன்னால் அதன் குவியத் தூரத்தைவிட அதிகமான தூரத்தில் நிறுத்தினால் மறுபுறம் திரையில் பொருளின்



மெய்ப் பிம்பம் (real image) தெளிவாகக் கிடைக்கும்படி செய்யலாம்.

பொருள் வில்லையிலிருந்து உள்ள தூரத்தை u என்றும் பிம்பம் வில்லையிலிருந்து உள்ள தூரத்தை v என்றும் அளந்தால் வில்லையின் குவியத் தூரம் f-ஐக் கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

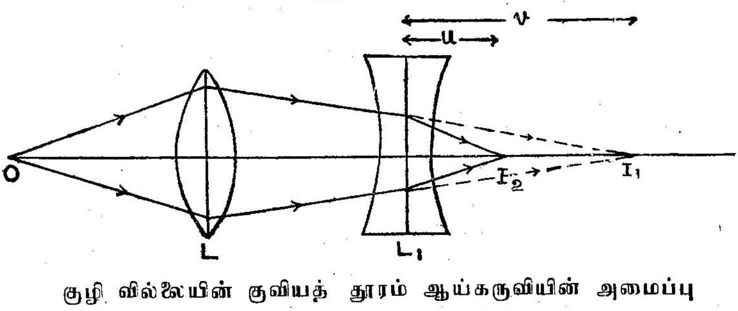
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

i. e.,

$$f = \frac{uv}{u+v}$$

வரைபட முறை (Graphical Method): குழி ஆடிக்குச் செய்தது போலவே, பொருளின் தூரம் u-க்கும் பிம்பத்தின் தூரம் v-க்கும் வரைபடம் தீட்டி f-ஐக் கணக்கிடலாம்.

குழி வில்லை



குழி வில்லையின் குவியத் தூரம் ஆய்கருவியின் அமைப்பு

O — ஒளியூட்டப்பெற்ற பொருள் L — குவி வில்லை

L_1 — குழி வில்லை I_1 — குவி வில்லையால் தோன்றும் பிம்பம்

I_2 — குவி மற்றும் குழி வில்லைகளால் தோன்றும் பிம்பம்.

முதலில் பயன்படுத்திய குவி வில்லையைத் தாங்கியில் பொருத்தி u-வைவிட v அதிகமாக இருக்கும்படி செய்து ஒளியூட்டப்பெற்ற பொருளின் தெளிவான பிம்பம் திரையில் விழும்படி செய்யவேண்டும். கொடுக்கப்பட்டுள்ள குழி வில்லையைத் தாங்கியில் பொருத்தி குவி வில்லைக்கும் திரைக்கும் இடையே செருகினால் பிம்பம் முன்புபோலத் தெளிவாக இல்லாமல் உருக்குலைந்து (distorted) போவது தெரியும். இப்போது திரையைக் (குவி வில்லையை நகர்த்தாமல்) குழி வில்லைக்கு அப்பால் கொண்டு வந்தால் பிம்பம் மீண்டும் நன்கு வரையறுக்கப்பட்டுத் தெரியும்.

குழி வில்லை இருக்கும் இடத்திலிருந்து (முதலில் பிம்பம் கிடைத்த) திரையினுக்கு உள்ள தூரத்தை v என்றும் புதிய பிம்பம் கிடைக்கும்போது திரைவரை உள்ள தூரத்தை u என்றும் அளந்து

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

என்ற வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி குழி வில்லையின் குவியத் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

குவி வில்லையின் இடத்தை மாற்றிச் சோதனையைப் பல முறை செய்து f-ன் சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும்.

குழி வில்லைக் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகலெண்ணைக் காணல்

குழி வில்லையைத் தாங்கியில் பொருத்தி, ஒளியூட்டப்பட்டுள்ள பொருளின் முன்னே நிறுத்தி, பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் வில்லையின் பரப்பிலிருந்து எதிரொளிக்கும்படி செய்து பிம்பம் நன்கு வரையறுக்கப்பட்டு, தெளிவாகப் பொருளின் அருகிலேயே விழும்படி அமைக்கவேண்டும்.

இப்போது வில்லைக்கும் பொருளுக்கும் (பிம்பத்துக்கும் என்றும் கொள்ளலாம்) இடையே உள்ள தூரமே மேற்கூறிய பரப்பின் வளைவு ஆரமாகும். இப்போது வில்லையின் பரப்புகளை மாற்றியமைத்து மறு பரப்பின் வளைவு ஆரத்தை முன்போல் காணலாம்.

ஆய்வுப் பதிவு

முதற்பரப்பின் வளைவு ஆரம் $= R_1$

இரண்டாவது பரப்பின் வளைவு ஆரம் $= R_2$

குழி வில்லையின் குவியத் தூரம் $= f$

குழி வில்லைக் கண்ணாடியின் ஒளிவிலகலெண்ணைக் கீழ்க் கண்ட வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$(\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{1}{f}$$

18. ஒளி விலகலெண்—இயங்கு நுண்ணோக்கி முறை
(Refractive Index—Travelling Microscope Method)

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்டுள்ள திட மற்றும் திரவப் பொருள்களின் ஒளி விலகலெண்களை இயங்கு நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்திக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

இயங்கு நுண்ணோக்கி, கண்ணாடியால் ஆன கனச் செவ்வகம், திரவம், திரவத்தைக் கொள்ள முகவை, தூசித் துகள்கள்.

செய்முறை

மசியால் ஒரு சிறு காகிதத் துண்டில் ஒரு அடையாளமிட வேண்டும். நுண்ணோக்கியை மேலும் கீழும் இயங்கும்படி அமைத்து, மசி அடையாளத்தின் தெளிவான பிம்பம் தெரியும் போது நுண்ணோக்கி காட்டும் அளவினைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். (இந்த அளவு a என்று எடுத்துக் கொள்ளப்பட வேண்டும்.)

கண்ணாடிக் கனச் செவ்வகத்தை அடையாளத்தின் மேல் வைத்து நுண்ணோக்கியை இயக்கி முன்போல் அடையாளத்தின் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கும்படி செய்து புதிய அளவினைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். (இந்த அளவு b எனப்படும்.)

கண்ணாடிக் கனச் செவ்வகத்தின் மேற்பரப்பில் சிறிது தூசித் துகள்களைத் தூவிவிட்டு அவைகளின் பிம்பங்கள் தெளிவாகத் தெரியும்போது நுண்ணோக்கியின் அளவினைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். (இந்த அளவு c எனப்படும்.)

கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவத்தின் ஒளி விலகலெண்ணைக் காண முகவையின் அடித்தளத்தில் ஒரு வர்ணப் புள்ளியை (paint mark) யிட்டு நுண்ணோக்கியை அதனை நோக்கி வைத்து அதன் பெரிதாக்கப்பட்ட பிம்பம் தெளிவாகக் கிடைக்கும்படி

செய்து நுண்ணோக்கியின் குறியீட்டை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும் (a). முகவையினுள் கொடுத்துள்ள திரவத்தைப் போதுமான உயரத்திற்கு ஊற்றி, வர்ணப் புள்ளியின் தெளிவான பிம்பம் கிடைக்கும்படி நுண்ணோக்கியை இயக்கி குறியீட்டினை எடுக்க வேண்டும் (b). இப்போது மரத் தூளை திரவத்தின் மேற்பரப்பில் மிதக்கவிட்டு ஒரு துகளின் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பம் கிடைக்கும்போது நுண்ணோக்கியின் குறியீட்டை எடுக்கவேண்டும் (c).

நுண்ணோக்கியில் உள்ள வெர்னியரின் அதமளவை (least count) கணக்கிடும் முறை

முதன்மை அளவுகோலில் (main scale) ஒரு பிரிவின் மதிப்பு
= 1 மு. பி. ம.

வெர்னியர் அளவுகோலில் (vernier scale) ஒரு பிரிவின் மதிப்பு
= 1 வெ. பி. ம.

வெர்னியரின் அதமளவை = 1 மு. பி. ம. — 1 வெ. பி. ம.

நுண்ணோக்கி காட்டும் சரியான அளவு = முதன்மை அளவுகோலின் குறியீடு + (வெர்னியர் ஒன்றிப்பு × வெர்னியர் அதமளவை).

திடப் பொருள்

வரிசை எண்	நுண்ணோக்கி காட்டும் அளவு			ஒளி விலகலெண்
	a செமீ	b செமீ	c செமீ	$\mu = \frac{c - a}{c - b}$

சராசரி μ =

திரவப் பொருள்

வரிசை எண்	நுண்ணோக்கி காட்டும் அளவு			ஒளி விலகலெண்
	a செமீ	b செமீ	c செமீ	$\mu = \frac{c - a}{c - b}$

சராசரி μ =

19. நிறமாலை மானி—முப்பட்டகத்தின் ஒளி விலகலெண் (Spectrometer—Refractive Index of a Prism)

நோக்கம்

நிறமாலை மானியைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டகக் கோணம் (angle of prism), சிறும திசை மாற்றக் கோணம் (angle of minimum deviation) ஆகியவற்றைக்கண்டு, முப்பட்டகத்தின் ஒளி விலகலெண்ணைக் (refractive index) கணக்கிடல்.

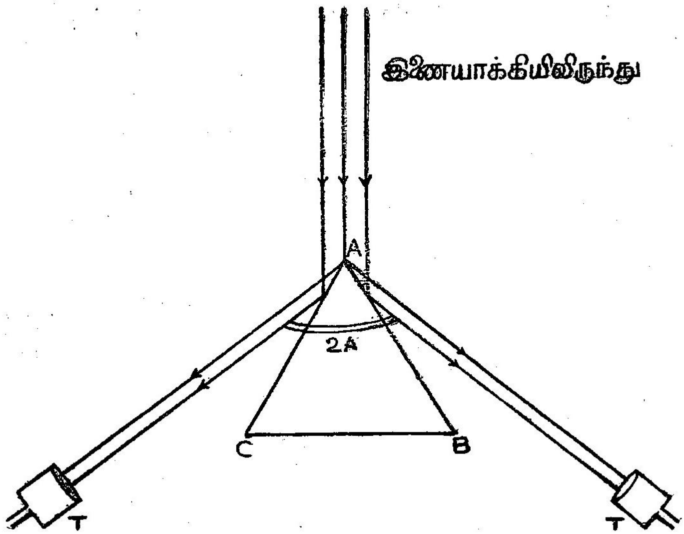
தேவையான கருவிகள்

நிறமாலை மானி, முப்பட்டகம், சோடியம் ஆவி விளக்கு (sodium vapour lamp), இரசமட்டம் (spirit level), உருப்பெருக்கக் கண்ணாடி (magnifying glass).

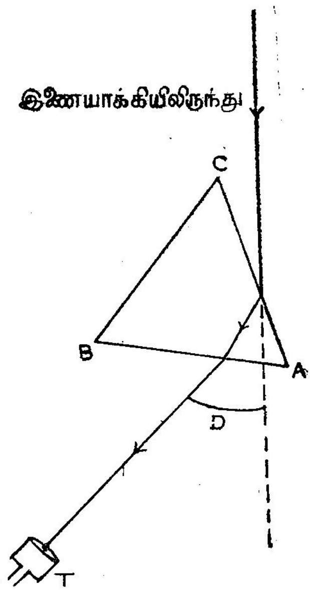
செய்முறை

நிறமாலை மானியைப் பயன்படுத்திச் சோதனையைத் துவங்குவதற்கு முன் கீழ்க்கண்ட குறிப்புகளைக் கவனத்திற் கொண்டு, நிறமாலை மானியின் தொலைநோக்கி (telescope), இணையாக்கி (collimator) மற்றும் முப்பட்டக மேசை (prism table) ஆகியவற்றைச் சீரமைக்கவேண்டும்.

தொலைநோக்கியைச் சீரமைத்தல் (Adjustment of Telescope)



ABC—முப்பட்டகம் T—தொலைநோக்கி



தொலைநோக்கியின் முன்னால் வெண்மையான காகிதத்தை வைத்து கண்ணருகு கருவியை (eye piece) முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி, குறுக்குக் கம்பிகள் தெளிவாகத் தெரியும்படி செய்யவேண்டும். பின்னர் தொலைநோக்கியைத் தொலை தூரப் பொருள் ஒன்றினை நோக்கி வைத்து, அப்பொருளின் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் பார்வைப்புலத்தில் (field of view) விழும்படி செய்யவேண்டும்.

இணையாக்கியைச் சீரமைத்தல் (Adjustment of Collimator)

இணையாக்கியையும் தொலைநோக்கியையும் ஓரச்சாக (coaxial) அமைத்து, இணையாக்கியின் முன் பகுதியில் உள்ள பிளவினை (slit) ஒளியூட்டி (சோடியம் ஆவி விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளியினால்) இணையாக்கியில் உள்ள

வில்லைக்கும் பிளவிற்கும் இடையில் உள்ள தூரத்தைக் கூட்டியும் குறைத்தும் பிளவின் தெளிவான நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் குறுக்குக் கம்பிகளின் மேல் கிடைக்கும்படி செய்ய வேண்டும். (செங்குத்துக் கம்பியின் மேல் பிம்பம் கிடைக்கும்.)

முப்பட்டக மேசையைச் சீரமைத்தல் (Adjustment of the Prism Table)

இரசமட்டத்தைப் பயன்படுத்தி முப்பட்டக மேசை கிடைமட்டமாக (horizontal) இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். முப்பட்டகம், இணையாக்கி மற்றும் தொலைநோக்கி ஆகிய மூன்று பாகங்களும் ஒரே உயரத்தில் இருக்கும்படி அமைக்கவேண்டும்.

முப்பட்டகக் கோணத்தைக் காணல்

இணையாக்கியிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் முப்பட்டகத்தின் இரு ஒளிவிலக்கும் பக்கங்களிலும் (refracting faces) ஏறக்குறைய சமமான படுகோணங்களில் விழும்படி முப்பட்டகத்தை மேசையின்மீது அமைக்கவேண்டும்.

தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி இடது புறம் உள்ள பக்கத்திலிருந்து எதிரொளித்து (reflected beams) வரும் கதிர்களை நோக்கி நிறுத்தித் தொடுவியல் திருகினைப் (tangential screw) பயன்படுத்தி பிளவின் பிம்பம் குறுக்குக் கம்பிக்கு நேராக விழும்படி செய்து தொலைநோக்கியில் உள்ள இரண்டு வெர்னியர்களிலும் கிடைக்கும் அளவுகளைக் குறிக்க வேண்டும். இதே போன்று வலது புறம் கிடைக்கும் பிம்பத்தின் அளவுகளையும் (இரு வெர்னியர்களிலும்) எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்த இரண்டு அளவுகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடு முப்பட்டகக் கோணத்தைப்போல இரண்டு மடங்கு உள்ள கோணமாகும்.

சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தைக் காணல்

முப்பட்டகத்தில் ஒளிவிலகல் (refraction) உண்டாகும் விதத்தில் முப்பட்டகத்தை மேசைமீது வைத்துப் பிளவின் பிம்பத்தைத் தொலைநோக்கியின் பார்வைப் புலத்திற் காணலாம். நமது நோக்கம் சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தை அளத்தல் ஆகையால் முப்பட்டகத்தை (நேர் ஒளிக்கதிருக்கு (direct ray) அருகில் பிம்பம் விழும்படி) இடம் அல்லது வலஞ்சுழியாகச் சுற்ற வேண்டும். (வரையப்பட்டுள்ள படத்தில் இடஞ்சுழியாகச் சுற்ற வேண்டும். தொலைநோக்கியையும் அதே பக்கம் சுழற்றி பிம்பத்தைக் கண்டால் பிம்பம் ஒரு குறிப்பிட்ட இடம் வரை வந்து தான் வந்த வழியிலேயே திரும்பிப் போவதைப் பார்ப்போம்.)

பிம்பம் இவ்வாறாகத் திரும்புகின்ற இடத்திற்கு எதிரே குறுக்குக் கம்பியை இருக்கும்படி செய்து தொலைநோக்கியில் இரண்டு வெர்னியர்கள் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இப்போது முப்பட்டகத்தை மேசை மீதிருந்து வெளியே எடுத்து வைத்து இணையாக்கியிலிருந்து நேராக வரும் ஒளிக் கதிர்கள் தோற்றுவிக்கும் பிம்பத்திற்கான அளவை எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். ஒளிவிலகிய பிம்பத்திற்குக் குறித்த அளவிற்கும் இந்த அளவிற்கும் உள்ள வேறுபாடே சிறும திசைமாற்றக் கோணம் ஆகும்.

முப்பட்டகக் கோணத்தை A எனவும், சிறும திசைமாற்றக் கோணத்தை D எனவும் கொண்டால்

முப்பட்டகப் பொருளின் ஒளிவிலகலெண் (refractive index of the material of the prism)

$$\mu = \frac{\text{சைன்} \left(\frac{A + D}{2}\right)}{\text{சைன்} \left(\frac{A}{2}\right)}$$

குறிப்பு : உள்ளீடற்ற முப்பட்டகத்தை (hollow prism) எடுத்துக்கொண்டு அதில் ஒரு திரவத்தை நிரப்பி மேற்கண்ட சோதனையைச் செய்து அத்திரவத்தின் ஒளி விலகலெண்ணைக் காணலாம்.

முப்பட்டகக் கோணம் (Angle of Prism)

வெர்னியரின் அதம அளவு =

வரிசை எண்	எதிரொளித்து வரும் கதிரின் அளவு				அளவுகளின் வேறுபாடு	
	இடது		வலது			
	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B

சிறும திசைமாற்றக் கோணம் (Angle of Minimum Deviation)

வரிசை எண்	இடது		சிறும திசை மாற்றக் கோணம்	வலது		சிறும திசை மாற்றக் கோணம்
	ஒளி விலகிய கதிரின் அளவு	நேர் கதிரின் அளவு		ஒளி விலகிய கதிரின் அளவு	நேர் கதிரின் அளவு	

20. நிறமாலை மானி—கீற்றணி
(Spectrometer—Grating)

நோக்கம்

நிறமாலை மானியில் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியைப் (diffraction grating) பயன்படுத்திக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள கூட்டு ஒளி விளக்கிலிருந்து (composite source) வெளிப்படும் நிறங்களின் அலைநீளங்களைக் காணல்.

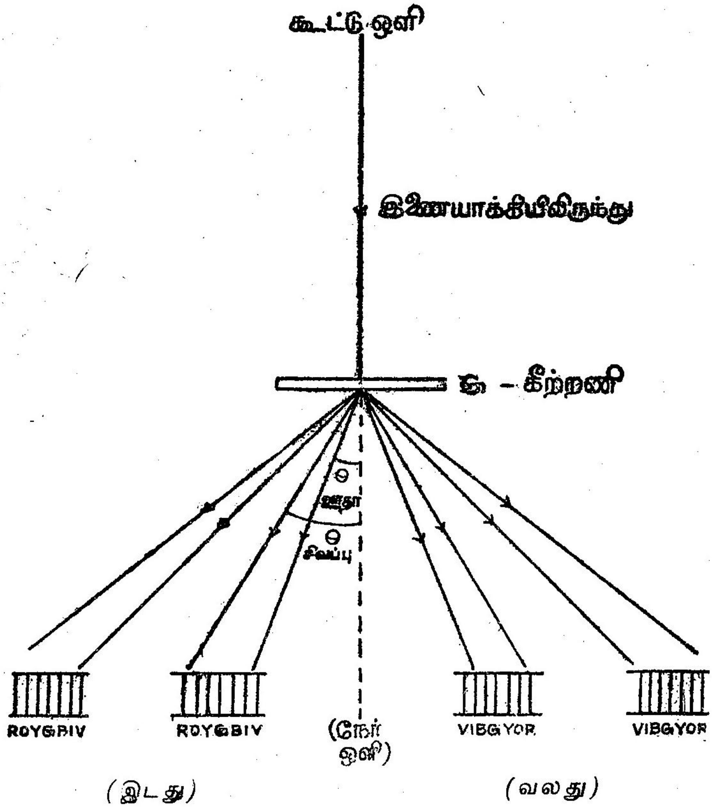
தேவையான கருவிகள்

நிறமாலை மானி, கூட்டு ஒளி விளக்கு, விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணி, சோடியம் ஆவி விளக்கு, உருப்பெருக்கக் கண்ணாடி முதலியன.

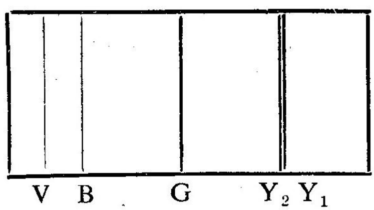
செய்முறை

இணையாக்கியிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்களைக் கீற்றணியில் நேர்க்குத்தாகப்படும்படி (Normal Incidence) செய்தல் : நிறமாலை மானியின் தொலைநோக்கி, இணையாக்கி ஆகியவைகளைச் சீரமைத்து அவையிரண்டையும் ஓரச்சாகச் சோடியம் ஒளி விளக்கை நோக்கி வைக்கவேண்டும். ஒளியூட்டப்பட்ட பிளவின் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பம் செங்குத்துக் குறுக்குக் கம்பியின் மேல் விழும்படி செய்து வெர்னியர் அளவைக் குறித்துக்

கொள்ளவேண்டும். பின்னர் தொலைநோக்கியை 90° சுழற்றி (வலம் அல்லது இடஞ்சுழியாக) இணையாக்கிக்கும் தொலைநோக்கிக்கும் இடையே உள்ள கோணம் 90° ஆகும். இப்போது விளிம்பு



[(Violet) ஊதா, (Blue) நீலம், (Green) பச்சை, ($Yellow_1$ $Yellow_2$) மஞ்சள் $_1$ மஞ்சள் $_2$ ஆகிய நிறங்கள் தெளிவாகத் தெரியும்.]



நிறமாலை

விளிவுக் கீற்றணியை முப்பட்டக மேடைமீது ஒளிக்கதிர்கள் படும்படி நேராக வைத்து முப்பட்டக மேடையைச் சுழற்றி ஒளியூட்டப் பட்ட பிளவின் எதிரொளித்த பிம்பம் தொலைநோக்கியின் பார்வைப் புலத்தில் செங்குத்துக் கம்பியின்மேல் விழும்படி

செய்யவேண்டும். பிறகு கீற்றணியை (மேடையுடன்) 45° இணையாக்கியை நோக்கிச் சுழற்றினால் இணையாக்கியிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்கள் விளிம்பு விளைவுக் கீற்றணியில் நேர்குத்தாகப் படும். தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி இடது, வலது புறம் கிடைக்கும் பிம்பங்களின் அளவுகளைக் குறிக்கவேண்டும்.

கூட்டு ஒளி விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் நிறங்களின் அலை நீளங்களைக் காணல்: சோடியம் ஆவி விளக்கை எடுத்துவிட்டு அதற்குப் பதில் கூட்டு ஒளிதரும் விளக்கு ஒன்றை (எடுத்துக் காட்டாக, வெள்ளை ஒளிதரும் விளக்கு) நிறமாலை மானியின் முன்னால் வைக்கவேண்டும். வெள்ளை நிற ஒளி, ஏழு நிற ஒளிகளின் தொகுப்பாகையால் அவ்வொளி கீற்றணியினுள் செல்லும்போது விளிம்பு விளைவு ஏற்பட்டு பல நிறங்களைக் கொண்ட ஒரு நிறமாலை (spectrum) தொலைநோக்கிக்கு இடது மற்றும் வலது புறங்களில் கிடைக்கும்.

தொலைநோக்கியை வலஞ்சுழியாகச் சுழற்றினால் முறையே ஊதா (violet), கருநீலம் (indigo), நீலம் (blue), பச்சை (green), மஞ்சள் (yellow), ஆரஞ்சு (orange), சிவப்பு (red) ஆகிய நிறங்கள் கிடைக்கும். விளிம்பு விளைவால் ஏற்பட்ட திசைமாற்றக் கோணம் ஊதா நிறத்திற்கு மிகக் குறைவாகவும் சிவப்பு நிறத்திற்கு மிக அதிகமாகவும் இருக்கும். ஒளியூட்டப்பட்ட பிளவின் பல்வேறு நிறத்தைக் கொண்ட பிம்பங்களை ஒவ்வொன்றாக செங்குத்துக் குறுக்குக் கம்பியின் எதிரே இருக்கும்படி செய்து வெர்னியர் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதே போன்று தொலைநோக்கியை இடஞ்சுழியாகச் சுழற்றி அந்தப் பகுதியில் கிடைக்கும் பல்வேறு நிற பிம்பங்களின் வெர்னியர் அளவுகளையும் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இது முதல் வரிசை (first order) நிறமாலை எனப்படும். தொலைநோக்கியை இன்னும் அதிகமான அளவு சுழற்றினால் இரண்டாவது வரிசை (second order) நிறமாலை கிடைக்கும். முன்போல் சோதனையைச் செய்து வெர்னியர் அளவுகளை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

ஆய்வுப் பதிவு

கீற்றணியில் 1 செமீ நீளத்திலுள்ள கீறுகளைக் கணக்கிடல்:

சோடியம் ஆவி விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியின் அலை நீளம் $= \lambda$

(ஒளியூட்டப்பட்ட பிளவின் பிம்பங்கள் இடது மற்றும் வலது பக்கங்களில் கிடைக்கும். தொலைநோக்கியைச் சுழற்றி பிம்பம்

செங்குத்துக் குறுக்குக் கம்பிக்கு எதிரே இருக்கும்படி செய்து வெர்னியர் இரண்டிலும் அளவுகளை எடுத்து அட்டவணையிட வேண்டும்.)

நிறமாலை	இடது		வலது		வேறுபாடு 2θ		θ விளிம்பு விளைவு கோணம்
	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	
முதல் வரிசை							
இரண்டாவது வரிசை							

கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டினைப் பயன்படுத்திக் கீற்றணியில் 1cm நீளத்திற்குள்ள கீறுகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடலாம்.

$$\text{சைன் } \theta\ (\sin \theta) = N n \lambda$$

θ — விளிம்பு விளைவு கோணம்

N — 1 cm நீளத்திற்குக் கீற்றணியில் உள்ள கீறுகளின் எண்ணிக்கை

n — நிறமாலையின் வரிசை (= 1, 2,......)

λ — பயன்படுத்திய ஒற்றை நிற (சோடியம்) ஒளியின் அலைநீளம்.

மேற்கண்ட வாய்பாடு ஒளிக்கதிர்கள் கீற்றணியில் நேர்குத்தாகப் படும்போதே மெய்யானது.

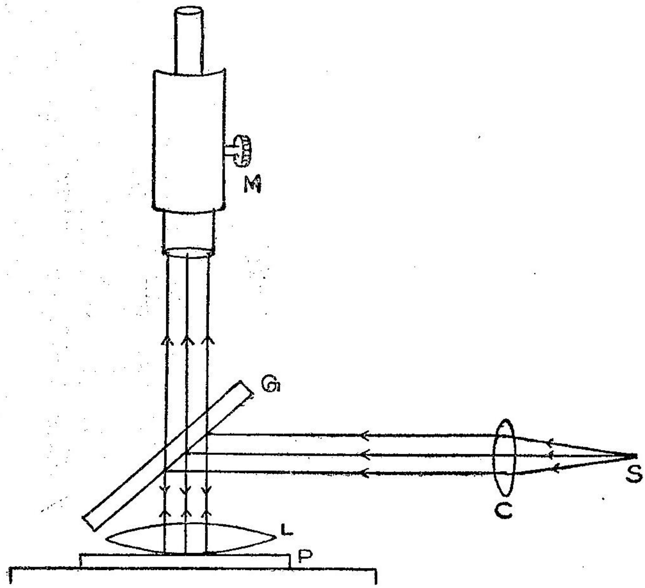
	நிறம்	இடது		வலது		வேறுபாடு 2θ		விளிம்பு விலகு கோணம் θ	அலைநீளம் $\lambda = \frac{\text{சைன் } \theta}{Nn}$
		வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B		
முதல் வரிசை நிறமாலை	ஊதா								
	கருநீலம்								
	நீலம்								
	பச்சை								
	மஞ்சள்								
	ஆரஞ்சு								
	சிவப்பு								
இரண்டாவது வரிசை நிறமாலை									

21. நியூட்டன் வளையங்கள்

(Newton's Rings)

நோக்கம்

நியூட்டன் வளையங்களைத் தோற்றுவித்து, கொடுக்கப் பட்டுள்ள கோளப் பரப்பின் வளைவு ஆரத்தைக் காணல். (வளைவு ஆரம் தெரிந்த கோளப் பரப்பாயிருப்பின், கொடுக்கப்பட்டுள்ள சோடியம் ஆவி விளக்கொளியின் அலைநீளத்தைக் காணலாம்.)



நியூட்டன் வளையங்கள்

ஆய்கருவியின் அமைப்பு

S — சோடியம் ஆவி விளக்கு C — ஒளி குவி வில்லை
L — (வளைவு ஆரம் காண வேண்டிய) கோளப்பரப்பு
P — சமதளக் கண்ணடி G — கிடைமட்டத்திற்கு 45° சாய்வாக உள்ள கண்ணடிப் பரப்பு
M — இயங்கு நுண்ணோக்கி

தேவையான கருவிகள்

நியூட்டன் வளையங்கள் ஆய்கருவி (Newton's rings apparatus), நுண்ணோக்கி (microscope), சோடியம் ஆவி விளக்கு, உருப்பெருக்கக் கண்ணடி (magnifying glass).

செய்முறை

சோடியம் ஆவி விளக்கிலிருந்து வரும் ஒற்றை நிற ஒளி, நியூட்டன் வளையங்கள் ஆய்கருவியில் 45° சாய்வாக வைக்கப் பட்டுள்ள கண்ணாடிப் பரப்பில் கிடைமட்டமாகப் படும்படி செய்ய வேண்டும். வளைவு ஆரம் காணவேண்டிய கோளப் பரப்பைச் சமதளமாக உள்ள கண்ணாடிப் பரப்பின்மேல் வைத்து, ஒற்றை நிற ஒளி இந்த அமைப்பில் நேர்குத்தாகப் படும்படி செய்ய வேண்டும்.

நியூட்டன் வளையங்கள் ஆய்கருவியின் மேல் ஓர் இயங்கு நுண்ணோக்கியை வைத்து அதன் கண்ணருகு கருவி (eye piece), பொருளருகு வில்லை (objective) ஆகியவற்றைச் சீரமைத்தால், அதன் பார்வைப் புலத்தில் இருண்டு, ஒளிமயமாகும் ஒரு மைய வளையங்கள் கிடைப்பதைக் காணலாம்.

குறுக்கீட்டு விளைவின்படி பார்வைப் புலத்தின் மையம் இருண்ட புள்ளியாக இருத்தல் வேண்டும். ஆயினும் முதற்சில வளையங்கள் (ஆரம் குறைவாக இருப்பதால்) ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்ந்து ஒளி கொடுப்பதால் மையம் மஞ்சள் நிற ஒளியைக் கொண்டிருக்கும். மையத்திற்கு அப்பால் இயங்கு நுண்ணோக் கியை நகர்த்தினால் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட வளையங்கள் தெரியும். மையத்திற்கு அருகில் உள்ள ஒரு (இருண்ட எனக் கொள்வோம்) வளையத்தை n என்ற வளையமாகக்கொண்டு அதன் விட்டத்தைக் கணக்கிடவேண்டும். நுண்ணோக்கியில் உள்ள குறுக்குக் கம்பியை இந்த வளையத்தின் இடது மற்றும் வலது முனைகளைத் தொடுமாறு வைத்துக் குறிக்கும் அளவுகளின் வேறுபாடே இவ்வளை · த்தின் விட்டமாகும். நுண்ணோக்கியை இயக்கி $(n+4)$, $(n+8)$ ...... ஆகிய வளையங்களின் விட்டத்தைக் காணலாம்.

ஆய்வுப் பகுதி

நுண்ணோக்கியில் உள்ள வெர்னியரின் அதமளவு =

வளையத்தின் வரிசை (Order of the ring)	நுண்ணோக்கியில் குறியீடு (Microscope reading)		வளைய விட்டம் $2r$	வளைய ஆரம் r	r^2	$r_{n+20}^2 - r^2$
	வலது	இடது				
n						
$n+4$						
$n+8$						
$n+12$						
$n+16$						
$n+20$						
$n+24$						
$n+28$						
$n+32$						
$n+36$						
$n+40$						

கடைசிப் பத்தியில் $(r_{n+20}^2 - r^2)$, $(r_{n+24}^2 - r_{n+4}^2)$, $(r_{n+28}^2 - r_{n+8}^2)$ முதலியவற்றின் மதிப்புகளைக் கண்டு அவற்றின் சராசரியை K என எடுத்துக் கொண்டால் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பரப்பின் வளைவுஆரம் R–ஐக் கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டைப் பயன் படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$\text{வளைவு ஆரம் } R = \frac{K}{20\lambda}$$

λ — பயன்படுத்தப்பட்ட ஒற்றை நிற ஒளியின் (monochromatic light) அலைநீளம் (wavelength)

சோடியம் ஆவி விளக்கிற்கு (sodium vapour lamp) இதன் மதிப்பு 5893×10^{-8} செமீ ஆகும்.

குறிப்பு: (1) வளைவு ஆரம் தெரிந்த பரப்பாயிருப்பின்,

$\lambda = \frac{K}{20R}$ என்ற வாய்பாட்டின்மூலம் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒற்றை நிற ஒளியின் அலைநீளத்தைக் கணக்கிடலாம்.

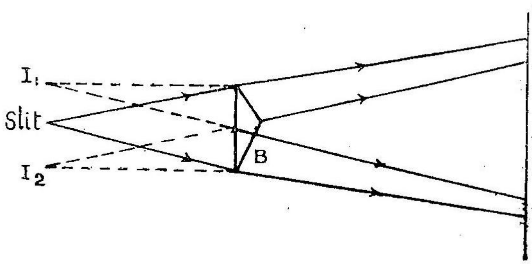
(2) λ-வின் மதிப்பு மிகவும் குறைவாக இருப்பதால் ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகில் (Angstrom unit) — 10^{-8} செமீ — குறிப்பது வழக்கம்.

22. இரட்டைப் பட்டகம்
(Biprism)

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒற்றை நிற ஒளியின் (monochromatic light) அலைநீளத்தைக் (wavelength) காணல்.

S — சோடியம் ஆவி விளக்கு C — ஒளி குவி வில்லை L — பிளவு
B — இரட்டைப் பட்டகம் E — (நுண்ணிய) கண்ணருகு கருவி



I_1, I_2 — பிம்பங்கள் (மாய)
இரட்டைப் பட்டகம் ஆய்கருவியின் அமைப்பு

தேவையான கருவிகள்

ஃப்ரெனலின் இரட்டைப் பட்டகம் (Fresnel's biprism), ஒளியியல் மேசை (optic bench), சோடியம் ஆவி விளக்கு.

செய்முறை

சோடியம் ஆவி விளக்கின் முன்னால் ஒளியியல் மேசையை வைத்து ஒளிபுகக்கூடிய செங்குத்தான பிளவு, இரட்டைப் பட்டகம் மற்றும் கண்ணருகு கருவி ஆகியவற்றை ஓரச்சாக (ஒரே கிடைமட்டக் கோட்டில்) இருக்கும்படி அமைக்கவேண்டும். (பிளவு அகலம் அதிகமுள்ளதாக இருக்கவேண்டும்.) கண்ணருகு கருவியின் பார்வைப் புலத்தில் ஒரேபட்டையான ஒளிமிகுந்த பிம்பம் கிடைக்கும். அதன் இருபுறங்களிலும் ஒளியின் செறிவு (intensity of light) குறைந்திருக்கும்.

இப்போது பிளவின் அகலத்தைக் குறுக்கினால் பட்டையான பிம்பத்திற்குப் பதிலாகக் குறுக்கீட்டு விளைவு (interference) ஏற்பட்டு வரி வரியான (fringe pattern) — ஒளியுள்ள, ஒளியற்ற வரிகள் மாறி மாறி — பிம்பம் கிடைக்கும். இந்தப் பிம்பம் தெளிவாகவும் நன்கு வரையறுக்கப்பட்டும் தோன்றும்படி ஒளியருகு கருவியைச் சீரமைக்க வேண்டும். ஒளியருகு கருவியிலுள்ள குறுக்குக் கம்பியை மைக்ராமீட்டர் (micrometer) மூலம் இயக்கி 4 அல்லது 5 வரிகளின் அகலத்தை அளந்து அதிலிருந்து வரி அகலத்தைக் — அதாவது பிம்பத்தில் உள்ள சிறு பட்டையின் அகலத்தை (band-width) — கணக்கிடலாம். கண்ணருகு கருவியை ஒரு குறிப்பிட்ட தூரம் நகர்த்தி 20 cm என்போம்— புதிதாகக் கிடைக்கும் வரி அகலத்தைக் கணக்கிடவேண்டும்.

பின்னர், ஒரு தாங்கியில் குவி வில்லை ஒன்றைப் பொருத்தி வில்லையை இரட்டைப் பட்டகத்திற்கும் கண்ணருகு கருவிக்கும் இடையே வைக்கவேண்டும். குவி வில்லையை இரட்டைப் பட்டகத்திற்கு அருகில் நகர்த்தினால் உருப்பெருக்கப்பட்ட (magnified) பிளவின் பிம்பங்கள் தெரிவதைக் கண்ணருகு கருவிமூலம் காணலாம். இரண்டு பிம்பங்களுக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை மைக்ராமீட்டர் மூலம் அளந்து குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

இப்போது குவி வில்லையை ஒளியருகு கருவியை நோக்கித் தள்ளினால் பிளவின் நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பிம்பங்கள்— உருக்குறைக்கப்பட்ட (diminished) — தோன்றும். முன் போலவே இவ்விரண்டு பிம்பங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை அளக்கவேண்டும்.

சிறுபட்டையின் எண்	மைக்ராமீட்டர் அளவீடு		சிறு பட்டையின் எண்	மைக்ராமீட்டர் அளவீடு		15 சிறுபட்டைகளின் (வரிகளின்) இடையே உள்ள தூரம்	
	கண்ணருகு கருவி முதல் இடத்தில்	20 செமீ நகர்த்திய பின்		கண்ணருகு கருவி முதல் இடத்தில்	20 செமீ நகர்த்திய பின்	கண்ணருகு கருவி முதல் இடத்தில்	20 செமீ நகர்த்திய பின்
1			16				
4			19				
7			22				
10			25				
13			28				
16			31				
					சராசரி	d_1	d_2

சிறுபட்டையின் அகலம் (முதல் இடத்தில்)

$$= \frac{d_1}{15} = x_1$$

சிறுபட்டையின் அகலம் (கண்ணருகு கருவியை 20 செமீ நகர்த்திய பின்) $= \dfrac{d_2}{15} = x_2$

பிளவிற்கும் கண்ணருகு கருவிக்கும் (முதல் இடத்தில் இருந்த போது) உள்ள தூரம் $= D_1$

ண்ணருகு கருவியை நகர்த்தியபின் உள்ள தூரம் $= D_2$

நாம் $(D_2 - D_1) = 20$ செமீ-ஆக எடுத்துக் கொண்டுள்ளோம்.

பிளவின் மாயப் பிம்பங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரம் d-ஐக் கணக்கிடல்

உருப்பெருக்கப்பட்ட நிலையில்

முதல் பிம்பத்திற்கான அளவு $= X_1$

இரண்டாவது பிம்பத்திற்கான அளவு $= Y_1$

இடையே உள்ள தூரம் $= (X_1 \backsim Y_1) = a_1$

உருக்குறைக்கப்பட்ட நிலையில்

முதல் பிம்பத்திற்கான அளவு $= X_2$

இரண்டாவது பிம்பத்திற்கான அளவு $= Y_2$

இடையே உள்ள தூரம் $= (X_2 \backsim Y_2) = a_2$

$$d = \sqrt{a_1 a_2}$$

ஒற்றை நிற ஒளியின் அலைநீளம் λ-வைக் கீழ்க்கண்ட வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கணக்கிடலாம்.

$$\lambda = \frac{d(x_2 - x_1)}{(D_2 - D_1)}$$

λ-வின் மதிப்பு செமீ அலகில் மிகக் குறைவாக இருப்பதால் ...... 10^{-8} செமீ — ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகில் (Angstrom unit) குறிப்பிடுவது மரபாகும்.

23. ஒளிமானிகள்

(Photometers)

நோக்கம்

கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒளி மூலங்களின் (sources of light) ஒளியூட்டுத் திறன்களை (illuminating powers) ஒப்பிடுவது.

தேவையான கருவிகள்

புன்சனின் ஒளிமானி (Bunsen's photometer), ஜாலியின் ஒளிமானி (Joly's photometer), ஒளி மூலங்கள், மீட்டர் அளவுகோல்.

செய்முறை

புன்சனின் ஒளிமானியைப் பயன்படுத்தி : ஆய்வு நிலையத்திற்குள் ஒளி ஏதும் புகாவண்ணம் கதவுகள் முதலியவற்றை மூடிச் சோதனையைத் துவங்குவதற்குமுன் ஆய்வு நிலையம் இருண்டிருக்கும்படி செய்யவேண்டும். இப்போது புன்சனின் ஒளிமானியை மேசை ஒன்றின் மீது வைத்து அதன் இருபுறமும் கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஒளி மூலங்களை அமைக்கவேண்டும். புன்சனின்

ஒளிமானியின் நடுவில் உள்ள எண்ணெய் தடவிய ஒளி கசியும் (transluscent) புள்ளி மற்ற பகுதிகளைவிட ஒளி குறைந்தோ அல்லது கூடியோ தெரியும். இப்போது ஒளிமானியிலிருந்து ஒளி மூலங்கள் உள்ள தூரங்களைச் சீரமைத்து, எண்ணெய் தடவிய புள்ளி மற்ற பகுதியைப் போலவே பொலிவு (brightness) கொள்ளச்செய்து மேற்கூறிய தூரங்களை அளந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

ஜாலியின் ஒளிமானியைப் பயன்படுத்தி : ஒளி மூலங்களை ஜாலியின் ஒளிமானிக்கு இரு புறங்களிலும் மேசை ஒன்றின்மீது அமைத்து, ஒளிமானியில் உள்ள மெழுகுக் கட்டைகள் (paraffin blocks) இரண்டும் ஒரே அளவு பொலிவு (brightness) பெறும்படி செய்து, ஒளிமானியிலிருந்து ஒளி மூலங்களின் தூரங்களை அளந்து குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். தூரங்களை மாற்றியமைத்துச் சோதனையைப் பலமுறை செய்யலாம்.

I_1 — முதல் மூலத்தின் ஒளியூட்டுத் திறன்

I_2 — இரண்டாவது மூலத்தின் ஒளியூட்டுத் திறன்

புன்சனின் ஒளிமானி

வரிசை எண்	ஒளிமானியிலிருந்து முதல் மூலத்தின் தூரம் d_1	ஒளிமானியிலிருந்து இரண்டாவது மூலத்தின் தூரம் d_2	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$

ஜாலியின் ஒளிமானி

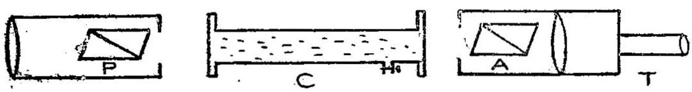
வரிசை எண்	முதல் மூலத்தின் தூரம் d_1	இண்டாவது மூலத்தின் தூரம் d_2	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1^2}{d_1^2}$

24. பொலாரிமீட்டர்

(Polarimeter)

நோக்கம்

அரை நிழல் பொலாரிமீட்டரைப் (half shade polarimeter) *பயன்படுத்தி ஒரு பொருளின் (சர்க்கரை முதலியனவற்றின்) தன் திருப்புதிறனைக்* (specific rotatory power) *காணல்.*



பொலாரிமீட்டர் – ஆய்கருவியின் அமைப்பு

S – சோடியம் ஆவி விளக்கு P — போலரைசர்

C — கரைசலைக் கொண்டுள்ள கண்ணாடிக் குழாய்

A — பகுப்பான் T — தொலைநோக்கி

தேவையான கருவிகள்

அரை நிழல் பொலாரிமீட்டர், சர்க்கரை, **(பல்வேறு நீளங்**

களைகொண்ட) உருளை வடிவான கண்ணுடிக் குழாய்கள், சோடியம் ஆவி விளக்கு.

செய்முறை

சோடியம் ஆவி விளக்கிற்கு முன்னல் போலலரைசரை (அதிலுள்ள வில்லையின் குவியத் தூரத்தில்) அமைத்து மறுமுனையிலிருந்து தொலைநோக்கி(telescope)யைச் சீர்செய்து பார்வைப் புலம் (field of view) நன்கு வரையறுக்கப்பட்டுத் தெளிவாக இருக்கும்படி செய்யவேண்டும்.

ஓர் உருளை வடிவான கண்ணுடிக் குழாயில் தெளிவான நீரை எடுத்துக்கொண்டு இரு புறமும் வட்டத் தட்டினுல் மூடவேண்டும். போலலரைசருக்கும், பகுப்பானுக்கும் (analyser) ஓரச்சாக (coaxially) இந்தக் குழாயினை வைத்து, பகுப்பானிலிருந்து வரும் ஒளியினைத் தொலைநோக்கிமூலம் காணவேண்டும். பார்வைப் புலத்தின் இரு அரைவட்டப் பகுதிகளும் ஒரே அளவு இருண்டிருப்பதற்கேற்பப் பகுப்பானைச் சுழற்றி, குறுக்குக் கோடு மறையும்படிசெய்யவேண்டும். இப்போது கிடைக்கும் அளவைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். (அளவு X என்று கொள்வோம்.)

செறிவு (Concentration)	ஆரம்ப வெர்னியர் அளவு (தெளிவான நீருக்கு) X		இறுதி வெர்னியர் அளவு (கரைசலுக்கு) Y		$X \backsim Y$		சராசரி சுழல் கோணம் (Angle of rotation) θ
	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	வெர்னியர் A	வெர்னியர் B	

5 அல்லது 10 கிராம் சர்க்கரையைத் துல்லியமாக எடையிட்டு, 100 cc. காய்ச்சி வடித்த நீரில் (distilled water) கரைத்து முன்போல உருளை வடிவான கண்ணாடிக் குழாயினில் தெளிவான நீருக்குப் பதிலாக எடுத்துக்கொண்டு மேற்கூறிய சோதனையை மீண்டும் செய்து புதிதாகக் கிடைக்கும் அளவைக் குறித்துக் (அளவு Y) கொள்ள வேண்டும். வெவ்வேறு நீளமுள்ள குழாய்களைக் கொண்டு சோதனையைப் பலமுறை செய்யலாம்.

ஆய்வுப் பதிவு

சர்க்கரையின் நிறை =

கரைக்கப் பயன்படுத்திய நீரின் பருமன் (volume) =

கரைசலின் செறிவு =

சராசரி சுழல் கோணம் = θ =

கரைசல் நிரப்பப்பட்ட குழாயின் நீளம் = l

செறிவு கிராம்/கன செமீ-லும் நீளம் செமீ-லும் அளக்கப்பட்டால்,

தன் திருப்புதிறன் $= \frac{100\theta}{lc}$ என்ற வாய்பாட்டின் மூலம் கண்டுபிடிக்கப்படவேண்டும்.

IV. ஒலியியல்
(Sound)

25. காற்றில் ஒலியின் வேகம்
(Velocity of Sound in Air)

நோக்கம்

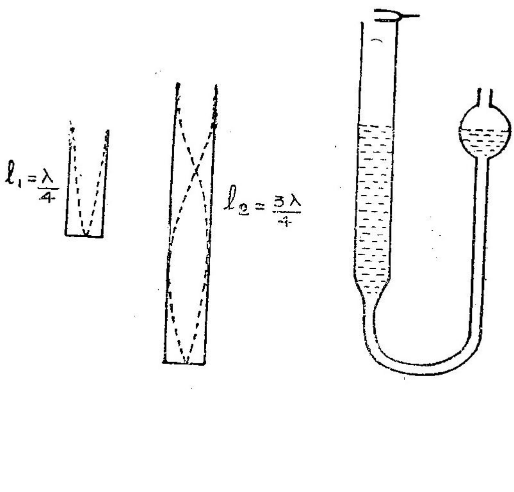
ஒத்ததிர்வுத் தூண் முறையில் காற்றில் ஒலியின் வேகத்தைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

ஒத்ததிர்வுத் தூண் கருவி, மூன்று அல்லது நான்கு வெவ்வேறு அலை எண் உடைய இசைக் கவைகள் (tuning forks), *மீட்டர் அளவுகோல்.*

கருவியின் விளக்கம்

இச்சோதனைக்குப் பயன்படும் கருவி ஒரு மீட்டருக்கு மேல்



நீளமுடையதும் சீரான குறுக்களவு உடையதுமான இருபுறம் திறந்த ஒரு கண்ணாடிக் குழாயாலானது. இதன் அடிப்புறம் ஒரு ரப்பர் குழாய் வழியாக ஒரு நீர்த்தேக்கியுடன் (reservoir) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நீர்த்தேக்கியை மேலே உயர்த்தியோ தாழ்த்தியோ விரும்பிய இடத்தில் நிறுத்த வகை செய்யப்பட்டிருக்கும். இதன்மூலம் குழாயில் நீர் மட்டத்தை வேண்டிய இடத்தில் இருக்குமாறு செய்யலாம். ஆகவே, குழாயின் நீரின் மேலுள்ள காற்றுத் தூணின் நீளத்தைச் சரி செய்து கொள்ளமுடியும்.

செய்முறை

குழாயில் நீர் மட்டத்தை நன்கு மேலே வைத்துக் கொண்டு ஓர் இசைக் கவையை அதிர்வுரச் செய்து குழாயின் வாயில் பிடிக்க வேண்டும். இசைக் கவையின் கால்கள் ஒன்றின் மேல் ஒன்ருகவும், ஒவ்வொரு காலும் கிடையாகவும் இருக்கவேண்டும். குழாயிலுள்ள நீர்மட்டத்தைப் படிப்படியாகச் சீராகக் குறைத்துக் கொண்டே சென்ருல் ஒரு நிலையில் ஆழ்ந்திரையும் முழக்கம் கேட்கும். ஒலி உரத்துக் கேட்கும் இந்நிலையில் காற்றுத் தூணும் இசைக் கவையும் ஒத்ததிர்வில் (resonance) உள்ளன. எனவே, காற்றுத் தூணின் அலை எண்ணும் இசைக் கவையின் அலை எண்ணும் சமம். இந்த நிலையில் நீர்ப் பரப்பின் மேல் ஒரு கணுவையும் குழாயின் மேல் விளிம்பில் ஓர் எதிர்க்கணுவையும் (antinode) உடைய நிலை அலைகள் காற்றுத் தூணில் உண்டாகியுள்ளன. எனவே, காற்றுத் தூணின் உயரம் (l_1 செமீ) அலைநீளத்தில் நான்கில் ஒரு பங்காகும் ($\lambda/4$). எதிர்க்கணு குழாயின் விளிம்பிற்குச் சற்று மேலே இருக்குமாதலால் l_1-க்கு ஒரு திருத்தம் தேவை. இதற்கு முனைத் திருத்தம் (end correction) எனப்பெயர். இதை k என்று கொள்வோமேயானல்,

$$l_1 + k = \lambda/4 \qquad \text{......(1)}$$

இந்தக் காற்றுத் தூணின் முதல் உயரத்தை இவ்வாறு அளந்த பிறகு முன்மாதிரியே நீர்மட்டத்தைச் சீராகக் கீழே தாழ்த்திக் கொண்டு போனல் மற்ஞெரு நிலையில் மீண்டும் முழங்கொலி கேட்கும். இப்போது உண்டாகும் நிலை அலையின் வடிவம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. காற்றுத் தூணின் நீளத்தை இப்போது அளக்கவேண்டும் (l_2 செமீ). படத்திலிருந்து.

$$l_2 + k = \frac{3\lambda}{4} \qquad \text{......(2)}$$

என்பது தெளிவாகும்.

$$(2)-(1), \quad l_2 - l_1 = \lambda/2$$

$$\therefore \quad \lambda = 2\,(l_2 - l_1) \qquad \ldots\ldots(3)$$

காற்றில் ஒலியின் வேகம் v என்று கொள்வோமேயானல் $v = n\lambda$. இதில் n என்பது அலை எண்ணைக் குறிக்கும்.

$$\therefore \quad v = 2n(l_2 - l_1) \qquad \ldots\ldots(4)$$

இந்த (4)வது சமன்பாட்டிலிருந்து ஒலியின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம். இவ்வாறு கணக்கிட்ட ஒலியின் வேகம் சோதனைக் கூடத்தில் உள்ள வெப்பநிலையில் காற்றின் வேகம் ஆகும். இதிலிருந்து 0°C வெப்பநிலையில் காற்றின் ஒலி வேகத்தை

$$v_0 = v\sqrt{\frac{273}{273 + t}}$$

என்ற சூத்திரத்தின் மூலம் கண்டறியலாம்.

v_0 = 0°C வெப்பநிலையில் ஒலிவேகம்

v_t = t°C வெப்பநிலையில் ஒலிவேகம்

t°C = அறையின் வெப்பநிலை.

மேலே குறிப்பிட்ட சோதனையை வேறு அலை எண் உடைய இசைக் கவையை உபயோகித்து மறுபடி செய்யவேண்டும். காட்சிப் பதிவுகளைக் கீழ்க் குறித்தபடி அட்டவணை செய்து ஒலியின் சராசரி வேகத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.

இசைக் கவை அலை எண் (n)	காற்றுத் தூணின் முதல் ஒத்ததிர்வு நீளம் (l_1 செமீ)	காற்றுத் தூணின் இரண்டாவது ஒத்ததிர்வு நீளம் (l_2 செமீ)	$(l_2 - l_1)$	அறை வெப்ப நிலையில் லி வேகம் $v_t = 2n\,(l_2 - l_1)$	0°C வெப்ப நிலையில் ஒலி வேகம் v_0
512					
341					
288					

26. சோனமீட்டர்

(Sonometer)

குறுக்கதிர்வுகளின் விதிகளைச் சரிபார்த்தல்

(Laws of Transverse Vibrations of Strings)

நோக்கம்

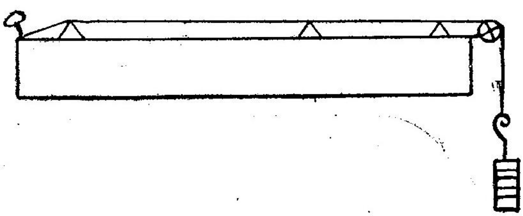
சோனமீட்டர் உபயோகித்துக் கம்பிகளில் குறுக்கதிர்வுகளின் விதிகளைச் சரிபார்த்தல்.

தேவையான கருவிகள்

சோனமீட்டர், வெவ்வேறு அதிர்வெண் மதிப்புள்ள இசைக் கவைகள், எடை தாங்கி, எடைகள், நகர்த்தக்கூடிய கத்தி முனைகள் (movable knife edges), *வெவ்வேறு குறுக்களவுள்ளவோ அல்லது வெவ்வேறு பொருள்களாலான கம்பிகள்.*

கருவி விளக்கம்

சோனமீட்டர் சுமார் 120 சென்டிமீட்டர் நீளம், 15 செமீ அகலம், 10 செமீ உயரமுள்ள பெட்டியாகும். இப்பெட்டி தக்கையினாலான பலகையால் செய்யப்பட்டிருக்கும். பெட்டியின் மேல் தளத்தில் இரு முப்பட்டைக் கட்டைகள் முனைக்கு ஒன்றாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவைகளுக்கு நிலையான கத்தி முனைகள் (fixed knife edges) *என்று பெயர். பெட்டியின் ஒரு முனையில் கொக்கி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மற்றொரு முனையில் லேசானதும் அலுமினியத்தால் ஆனதுமான ஒரு கப்பி* (pulley) *பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கம்பியின் ஒரு முனையைக் கொக்கியில் பிணைத்துக் கப்பியின் மேல் கொணர்ந்து மறுமுனையில் எடை தாங்கி தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். ஒரு மீட்டர் அளவுகோல் சோனமீட்டரின் மேல் தளத்தில் பொருந்தியிருக்கும். சோதனைக்குப் பயன்படுத்தப்படும் இரு கத்தி முனைகளை வேண்டிய இடத்தில் சோனமீட்டர் மேல் வைத்துச் சோனமீட்டர் கம்பி அவைகளின் மேல் படிந்திருக்குமாறு செய்யலாம்.*



செய்முறை

எடை தாங்கியில் மூன்று அல்லது நான்கு கிலோகிராம் எடையை வைக்கவேண்டும். கம்பியின் கீழே நகர்த்தக் கூடிய இரு கத்தி முனைகளை வைக்கவேண்டும். அதிர்வெண் தெரிந்துள்ள ஓர் இசைக்கவையை அதிரச்செய்து சோனமீட்டர்மேல் வைத்து எழும்பும் ஒலியைக் கவனிக்கவும். அத்துடன் இரு கத்திமுனை களுக்கிடையே உள்ள கம்பியையும் அதிரச்செய்து அத்துடன் ஒப்பிட வேண்டும். இரு ஒலிகளுக்குமிடையே சுர ஒலியில் வித்தியாசம் இருக்கிறதா என்பதை நுட்பமாகக் கவனித்து அப்படியிருந்தால் இரு கத்தி முனைகளுக்கிடையே உள்ள தூரத்தைச் சரி செய்து ஒரே சுர ஒலியில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இதைக் காதினல் கேட்டே பீட்ஸ் (beats) முறைப்படிச் சரிசெய்ய லாம். அப்படி முடியாவிட்டால் கொக்கி (∧) வடிவத்தில் கத்தரித்த மிகச்சிறிய லேசான காகிதத் துண்டை கத்தி முனைகளுக்கிடையே உள்ள கம்பியின் மையத்தில் வைக்கவேண்டும். ஒத்ததிர்வு இருக்குமாயின் காகிதத் துண்டு தூக்கி எறியப்படும். இந்த முறைப்படியும் ஒத்ததிர்வு நீளத்தைக் (resonating length) காண லாம் (l செமீ). எடைதாங்கியில் எடைகளை மாற்றுதபடி வெவ்வேறு அதிர்வெண் உள்ள இசைக்கவைகளுக்கான ஒத்ததிர்வு நீளங்களை மேலே குறிப்பிட்ட முறைப்படி காணவேண்டும். காட்சிப் பதிவு களைக் கீழேகாட்டியபடி அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும். அட்டவணை யில் கடைசிப் பத்தியிலிருந்து nl ஒரு மாறிலியாக இருக்கக் காணலாம். இது $n \propto \frac{1}{l}$ என்ற முதல் விதியைச் சரி பார்த்த லுக்கு ஒப்பாகும்.

அட்டவணை I

வரிசை எண்	இசைக்கவையின் அதிர்வெண் (n)	கம்பியின் ஒத்ததிர்வு நீளம் (l செமீ)	nl
1	512		
2	480		
3	341		
4	320		
5	288		

அடுத்து ஒரே இசைக்கவையை உபயோகித்து எடை தாங்கியில் எடை முறையே 2 கிலோ, 3 கிலோ, 4 கிலோ .... என்றபடி இருக்கும் போது கம்பியின் ஒத்ததிர்வு நீளங்களைக்கண்டு அட்டவணை II-ல் காட்டியபடி குறிக்க வேண்டும். கடைசிப் பத்தியில் $\frac{\sqrt{Mg}}{l}$ ஒரு மாறிலியாக இருப்பதைக் காணலாம். இது $n \propto \sqrt{T}$ என்ற இரண்டாவது விதியைச் சரிபார்த்தலுக்கு ஒப்பாகும்.

அட்டவணை II

வரிசை எண்	எடை தாங்கியில் மொத்த எடை (எடை தாங்கி உட்பட) (M கிராம்)	கம்பியின் இழுவிசை (Mg டைன்)	கம்பியின் ஒத்ததிர்வு நீளம் (l செமீ)	$\frac{\sqrt{Mg}}{l}$
1	2000			
2	2500			
3	3000			
4	3500			
5	4000			
6	4500			

அடுத்து மேற்குறிப்பிட்ட முறைப்படி ஒரே இசைக்கவை கொண்டு எடை தாங்கியிலும் எடையை மாறுமல் வைத்துச் சோனமீட்டர் மேல் வெவ்வேறு பொருள்களாலான கம்பிகளை இணைத்து ஒத்ததிர்வு நீளங்களைக் காணவேண்டும். அக்கம்பிகளின் ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்திற்கான எடையையும் கண்டுபிடித்து அட்டவணை III-ல் காண்பித்தபடி பதிவு செய்யவேண்டும். கடைசிப் பத்தியில் உள்ள $l\sqrt{m}$ ஒரு மாறிலியாக இருப்பதைக் காணலாம். இது $n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ என்ற மூன்ருவது விதியைச் சரிபார்த்தலுக்கு ஒப்பாகும்.

அட்டவணை III

வரிசை எண்	ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள கம்பியின் எடை (m கிராம்)	கம்பியின் ஒத்ததிர்வு நீளம் (l செமீ)	$l\sqrt{m}$

27. சோனாமீட்டர்

இசைக்கவையின் அதிர்வெண் காணல்
(Determination of Frequency of a Tuning Fork)

நோக்கம்

சோனாமீட்டர் உபயோகித்து ஓர் இசைக்கவையின் அதிர்வெண் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

சோனாமீட்டர், இசைக்கவை, எடைதாங்கி, கிலோகிராம் எடைகள், திருகு அளவி (screw gauge).

செய்முறை

சோனாமீட்டர் மேல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் கம்பியின் ஒரு முனையில் எடைதாங்கியைக் கட்டித் தொங்கவிட வேண்டும். மூன்று அல்லது நான்கு கிலோகிராம் எடையைத் தாங்கியில் வைக்க வேண்டும். நகர்த்தக்கூடிய இரு கத்தி முனைகளைச் சோனாமீட்டர் மேல்தளத்தில் கம்பி அவற்றின் மீது படிந்திருக்குமாறு வைக்க வேண்டும். கம்பியை மீட்டி ஒலியைக் கவனிக்கவேண்டும். அதே சமயம் இசைக்கவையையும் அதிரவைத்துச் சோனாமீட்டரில்

வைத்து வரும் ஒலியைக் கம்பியின் ஒலியோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டும். இரு ஒலிகளும் ஒத்திசைக்குமாறு செய்யக் கம்பியின் அதிரும் பகுதியின் நீளத்தைக் கத்தி முனையைக் கொண்டு சரி செய்ய வேண்டும். இதற்குமுன் சோதனையில் குறிப்பிட்டபடியே பீட்ஸ் முறை கொண்டோ அல்லது கொக்கி வடிவமான மெல்லிய காகிதத் துண்டைக் கொண்டோ ஒத்ததிர்வு நீளத்தைக் காணலாம். (l செ மீ.) சோதனையை மீண்டும் கம்பியின் இழுவிசையை மாற்றி அதாவது எடைதாங்கியில் வைத்திருக்கும் எடையை மாற்றிச் செய்யவேண்டும். மூன்று அல்லது நான்கு எடைகளுக்கு ஒத்ததிர்வு நீளங்களைக் கண்டு அட்டவணைப் படுத்தவேண்டும். கம்பியின் விட்டத்தைத் திருகு அளவியால் வெவ்வேறு இடங்களில் கண்டு சராசரி ஆரத்தைக் (r செமீ) காணவேண்டும். கம்பியின் அடர்த்தி எண் (density) d ஆனால் ஒரு சென்டிமீட்டர் கம்பியின் எடை $\pi r^2 d$ ஆகும். இதை (m) எனக் கொண்டால்,

$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{1}{2\sqrt{m}}\frac{\sqrt{T}}{l}$$

என்ற சூத்திரத்தை உபயோகித்து இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடலாம். அட்டவணையில் கடைசிப்பத்தியில் $\frac{\sqrt{T}}{l}$ அதாவது $\frac{\sqrt{Mg}}{l}$ ஒரு மாறிலியாக இருக்கும். இதன் சராசரி மதிப்பை மேலே உள்ள சூத்திரத்தில் பொருத்தி n-ஐக் கணக்கிட வேண்டும்.

வரிசை எண்	எடை தாங்கியில் எடை தாங்கி எடை உட்பட மொத்தஎடை (M கிராம்)	கம்பியில் இழு விசை ($T = Mg$ டைன்)	கம்பியின் ஒத்ததிர்வு நீளம் (l செமீ)	$\frac{\sqrt{Mg}}{l}$
1	2000			
2	2500			
3	3000			
4	3500			
5	4000			

28. மெல்டியின் கருவி

(Melde's Apparatus)

நோக்கம்

மெல்டியின் நூல் கருவி மூலம் ஓர் இசைக்கவையின் அதிர்வெண்ணைக் காணல்.

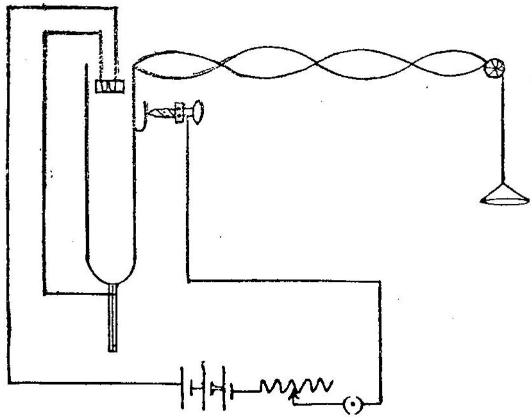
தேவையான கருவிகள்

மின் விசையால் இயங்கும் இசைக்கவை, மின்கல அடுக்குகள், மின்தடைமாற்றி, முளைச்சாவி (plug key), மெல்லிய நூல், லேசான எடைத்தட்டு, எடைப் பெட்டி, மீட்டர் அளவுகோல்.

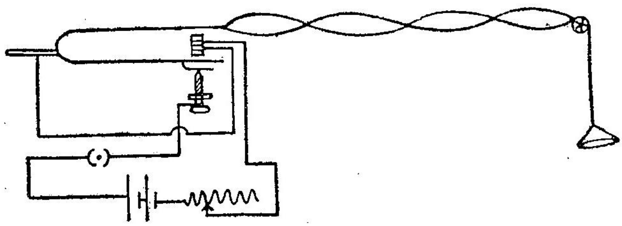
செய்முறை

முதற் படத்தில் காட்டியிருப்பதுபோல் மின்கல அடுக்குகள், முளைச்சாவி, மின்தடைமாற்றி (rheostat) இசைக்கவையின் கால்களுக்கு இடையே பொருத்தப்பட்டிருக்கும் மின்காந்தம் ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். மூன்று அல்லது நான்கு மீட்டர் நீளமுள்ள நூலின் ஒரு முனையை இசைக்கவையின் காலில் பொருத்தி மறு முனையை மேசையின் மறு கோடியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் கப்பிமேல் கொணர்ந்து அதில் அட்டையாலான ஒரு லேசான எடைத் தட்டைத் தொங்க விடவேண்டும். இசைக்கவையின் கால் (prong) நூலின் நீளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். இவ்வாறு செய்தால் இசைக்கவை அதிரும்போது நூலில் நெட்டதிர்வு (longitudinal vibrations) ஏற்படும். எடைத்தட்டில் 3 கிராம் அல்லது 4 கிராம் எடை வைத்து, மின்தடைமாற்றி, முளைச்சாவிகளைப் பயன்படுத்தி இசைக்கவையைச் சீராக அதிரும்படி செய்ய வேண்டும். இதனால் நூலில் நிலை அலைகள் உண்டாவதைக் காணலாம். இவைகளில் உண்டாகும் கணுக்களையும் (nodes) எதிர்க் கணுக்களையும் (antinodes) கவனிக்கவேண்டும். இவைகளை நூல் பகுதிகளாக அல்லது வளையங்களாகப் (loops) பிரிவதிலிருந்து பார்க்கமுடியும். இப்படி அமையும் வளையங்கள் சுருண்டு கொண்டே இருக்காமல் ஒரே நிலையில் மாறுமல் இருக்கும்வரை எடைத்தட்டில் எடையையோ அல்லது இசைக்கவைக்கும் கப்பிக்குமிடையே உள்ள தூரத்தையோ சரிசெய்யவேண்டும். நூல் வளையங்கள் மாறுமல் நிலையாக அமைந்திருக்கும்போது கணுக்களுக்கிடையே உள்ள தூரத்தை மீட்டர் அளவுகோலால் அளக்க வேண்டும் (l செமீ). எடையை மாற்றி நூலில் இழுப்பு விசையை

மாற்றினால் கணுக்களுக்கிடையே உள்ள தூரம் மாறும். நான்கு அல்லது ஐந்து எடைகளுக்குக் காட்சிப் பதிவுகள் எடுக்க வேண்டும்.



சோதனை இரண்டாம் பகுதியில் இசைக்கவையைத் திருப்பி, கீழேயுள்ள படத்தில் காண்பதுபோல் நூலில் குறுக்கதிர்வுகள் ஏற்படுமாறு செய்யவேண்டும். முன் பகுதியில் செய்தது போலவே வெவ்வேறு இழுப்புவிசைகளுக்குண்டான கணுக்களுக் கிடையே உள்ள தூரத்தைக் கண்டு காட்சிப் பதிவுகளை அட்ட வணைப்படுத்த வேண்டும். பிறகு மொத்தமாக 10 அல்லது 20 மீட்டர் நூலை (கருவியில் உபயோகிக்கப்பட்டது) எடுத்து அதன் எடையைப் பௌதிகத் தராசில் மில்லிகிராம் சுத்தமாகக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். இதைக்கொண்டு ஒரு சென்டிமீட்டர் நூலின் எடையைத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம் (m கிராம்/செமீ).



அட்டவணைப்படுத்திய காட்சிப் பதிவுகளிலிருந்து $\frac{\sqrt{T}}{l}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும். இது ஒரு மாறிலியாக இருப் பதைக் காணலாம். இதைக் கொண்டு இசைக்கவையின் அதிர்வு

எண்ணைப் பின் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் சூத்திரத்தின் மூலம் கணக்கிடவேண்டும்.

(i) இசைக்கவை நெடுக்கு வகையில் இருக்கும்போது :

$$n = \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot \frac{\sqrt{T}}{l}$$

இசைக்கவையின் அதிர்வு எண் நூலின் அதிர்வெண்ணின் இரு மடங்காகும்.

(ii) இசைக்கவை குறுக்கு வகையில் இருக்கும்போது :

இசைக்கவையின் அதிர்வு எண் = நூலின் அதிர்வு எண்

$$\therefore n = \frac{1}{2l} \cdot \sqrt{\frac{T}{m}}$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{m}}\left(\frac{\sqrt{T}}{l}\right)$$

இசைக் கவைக் கும் விதம்	வரிசை எண்	எடைத் தட்டில் மொத்த எடை (தட்டு எடை உட்பட) M கிராம்	இழுவிசை ($T = Mg$ டைன்)	இரு அடுத்தடுத்த கணுக்கிடையே தூரம் அல்லது வளையத்தின் நீளம் (l செமீ)	$\frac{\sqrt{Mg}}{l} = \frac{\sqrt{T}}{l}$
நெடுக்கு வகை	1				
	2				
	3				
	4				சராசரி=
குறுக்கு வகை	1				
	2				
	3				
	4				சராசரி=

29. குண்ட் குழாய்

(Kundt's Tube)

நோக்கம்

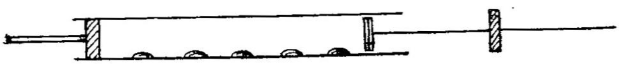
ஒரு தண்டில் ஒலியின் வேகத்தைக் காற்றில் ஒலியின் வேகத்துடன் ஒப்பிட்டு அதிலிருந்து தண்டாக்கப்பட்ட பொருளின் யங் குணகம் (Young's modulus) கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள்

குன்ட் குழாய் கருவி, கார்க் தூள், கோந்துப் பொடி (resin), பதனிடப்பட்ட தோல், மீட்டர் அளவுகோல்.

கருவியின் விளக்கம்

குன்ட் குழாய் கருவியின் படம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் சுமார் 150 சென்டிமீட்டர் நீளம், 5 செமீ விட்டமுள்ள

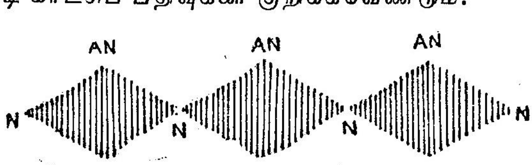


கண்ணாடிக் குழாய் நீண்ட மரப்பலகை மீது மரத்தாங்கிகள் மூலம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கண்ணாடிக் குழாயின் ஒரு கோடியில் ஒரு ரப்பர் கார்க் பொருத்தப்பட்டு அதில் ஒரு நீள் உருளைத் தண்டு சொருகப்பட்டிருக்கும். இதன் உள்முனையில் சிறிய வட்டத்தகடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த உருளைத்தண்டைக் குழாய்க்குள் தள்ளவோ அல்லது வெளியில் இழுக்கவோ முடியும். கண்ணாடிக் குழாயின் மறுமுனையில் ஒரு துவாரமுள்ள கார்க் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்தத் துவாரத்தின் வழியே சுமார் 120 செமீ நீளம், 1.5 செமீ விட்டமுள்ள பித்தளைத் தண்டு நுழைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்தத்தண்டு ஒரு பற்றியால் அதன் மையத்தில் பிடித்து வைக்கப்பட்டிருக்கும். தண்டின் அச்சும் குழாயின் அச்சும் ஒரே நேர் கோட்டில் அமையுமாறு இருக்கும். குழாயின் உட்புறமாக இருக்கும் தண்டின் முனையில் வட்டவடிவமான அட்டைத்தகடு பொருந்தியிருக்கும். இத்தகட்டின் விட்டம் குழாயின் விட்டத்தை விடச் சிறிதளவு குறைவாக இருக்கும்.

செய்முறை

முதலில் கண்ணாடிக் குழாய் உட்புறம் உலர்ந்திருக்கிறதா என்பதைக் கவனிக்கவேண்டும். அப்படியில்லாவிட்டால் புன்சன் விளக்கில் குழாயை லேசாகச் சூடுகாட்டி உலர்த்துதல் அவசியம்.

சூரியவெப்பம் இருந்தால் அதன்மூலமும் உலர்த்தலாம். குழாயைக் கருவியில் பொருத்தி அதனுள் உலர்ந்த கார்க் அல்லது மகரந்தத் தூளை (lycopodium dust) ஒரே சீராகக் குழாய் நீளம் முழுவதும் பரவலாகத் தூவவேண்டும். இதற்கு மீட்டர் அளவுகோலைப் பயன் படுத்தலாம். சோதனை செய்யவிருக்கும் தண்டைக் குழாயில் நுழைத்து அதன் மையம் பற்றியில் நன்ருகப் பிடிபட்டிருக்குமாறு செய்யவேண்டும். மையம் தவிர வேறு இடத்தில் பிடிப்பு இருத்தல் கூடாது. வெளிப்புறமிருக்கும் தண்டின் நுனியில் உரைசலால் நெட்டலைவு (longitudinal waves) எழும்பும்படி செய்ய வேண்டும். இதைச் செய்வதற்குக் கோந்துப்பொடியைத் தண்டின் மேல் தூவி தோலினுல் லேசாகச் சீராக இழுக்கவேண்டும். தண்டில் நெட்டதிர்வுகள் ஏற்பட்டு கண்ணுடிக் குழாயி லிருக்கும் காற்றில் அதே அலை எண் உடைய அலைகளை விளை விக்கும். இவ்வலைகள் கண்ணுடிக் குழாயின் எதிர்க்கோடியில் இருக்கும் தண்டின் முனையில் எதிரொலித்து நிலை அலைகளை உண்டாக்கும். இவ்வாறு உண்டாக்கப்படும் நிலை அலைகள் தெளி வாகக் கிடைக்கும்வரை கண்ணுடிக் குழாயின் மறுகோடியிலுள்ள தண்டை உள்ளிழுக்கவோ அல்லது வெளியில் தள்ளவோ செய்தல் வேண்டும். நிலை அலைகள் தெளிவாகக் கிடைக்கின்றனவா என்பதைக் குழாயில் இருக்கும் கார்க் தூள்கள் வரிவரியாகக் கீழே படத்தில் காட்டியபடி அமைந்திருக்கிறதா என்பதைக் கொண்டு அறியலாம். தூள்கள் நெருங்கிக் குவிந்த இடங்கள் கணுக்கள் எனவும் தூள்கள் குறைந்து காணும் இடங்கள் எதிர்க்கணுக்கள் எனவும் அறியலாம். மேற்குறிப்பிட்ட முறைப்படி சோதனையைச் செய்து அடுத்தடுத்த கணுக்கிடையே உள்ள தூரத்தை அளக்க வேண்டும். குழாயின் வெவ்வேறு பாகங்களில் அளந்து சராசரியைக் கணக்கிடவேண்டும் (l செமீ). அட்டவணையில் காட்டியபடி காட்சிப் பதிவுகளை குறிக்கவேண்டும்.



வரிசை எண்	மீட்டர் அளவு கோல் அளவு	அடுத்தடுத்த கணுக்கிடையே உள்ள தூரம் (l செமீ)
1		
2		
3		
4		
5		
6		சராசரி = ...

சோதனைத் தண்டின் முழு நீளம் (l செமீ) = ...

தண்டின் அடர்த்தி எண் (ρ) = ...

தண்டின் யங் குணகத்தைக் கீழே கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் சூத்திரத்தின் மூலம் கண்டறியலாம்.

$$q = \rho \left(v_a \cdot \frac{L}{l} \right)^2$$

q = தண்டின் யங் குணகம்

ρ = தண்டின் அடர்த்தி எண்

L = தண்டின் முழு நீளம்

l = அடுத்தடுத்து கணுக்களிடையே உள்ள தூரம்

v_a = அறை வெப்பநிலையில் காற்றில் ஒலிவேகம்

கொள்கை

தண்டில் அலைநீளம் = $2L$ செமீ

குழாயில் (காற்றில்) அலைநீளம் = $2l$ செமீ

$$\frac{\text{தண்டில் ஒலி வேகம்}}{\text{காற்றில் ஒலி வேகம்}} = \frac{v_r}{v_a} = \frac{N(2L)}{N(2l)}$$

(N = ஒலியின் அதிர்வு எண்)

$$\therefore v_r = \left(v_a.\frac{L}{l}\right)$$

தண்டின் அடர்த்தி எண்ணை ஒரு மாதிரித் துண்டை உபயோகித்து ஆர்கிமிடீஸ் முறை மூலம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இது ρ என்று கொண்டால், $v_r^2 = \frac{g}{\rho}$

$$\therefore q = \rho.\, v_r^2 = \rho\left(v_a.\frac{L}{l}\right)^2$$

V. காந்தவியல்
(Magnetism)

30. இருமடி எதிர்விதி சரிபார்த்தல் — அலகு காந்தமானி உபயோகித்து
(Verification of Inverse Square Law — Deflection Magnetometer)

நோக்கம்

காஸ் முறையில் (Gauss method) விலகு காந்தமானியை உபயோகித்துக் காந்தவியலின் இருமடி எதிர்விதியைச் சரி பார்த்தல்.

தேவையான கருவிகள்

விலகு காந்தமானி, குட்டையான காந்தம், அளவுகோல்.

செய்முறை

மேசை மேல் காந்தம், காந்தவியலுள்ள பொருள்கள் யாவற்றையும் அப்புறப்படுத்தவேண்டும். காந்தமானி மூலம் புவிகாந்த வடக்கு–தெற்கு கோட்டை மேசை மேல் சாக்கட்டி மூலம் குறிக்க வேண்டும். ஒரு மீட்டர் அளவுகோலை இக்கோட்டிற்கு நேர்குத்தாக வைக்கவேண்டும். ஒரு பெரிய காந்தமுள் பெட்டியை மீட்டர் அளவுகோலின் மையத்தில் வைக்கவேண்டும். காந்தமுள் பெட்டியை மட்டும் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுள் சுழி அளவுகளை (0, 0) காட்டுமாறு செய்யவேண்டும். கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் குட்டையான காந்தத்தைக் காந்தமுள் பெட்டிக்கு மேற்கில் ஒரு கரத்தின்மீது வைக்க வேண்டும். காந்தத்தின் அச்சு கிடைமட்டமாகவும் மீட்டர் கோலுக்கு இணையாகவும் இருத்தல் வேண்டும். இதன் அச்சுக் கோடு காந்தமுள் பெட்டியின் காந்த ஊசியின் மையம் வழியாகச்செல்லுமாறு அமைக்கவேண்டும். இது டேன்-A

நிலை எனப்படும். காந்தத்தின் மையத்திற்கும் காந்தமுள் பெட்டியின் மையத்திற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை அளக்கவேண்டும் (d செமீ). அலுமினியக் குறிமுள்ளின் இருமுனைகள் காட்டும் விலகலைக் (θ_1, θ_2) குறிக்கவேண்டும். தூரத்தை மாற்றுமல் காந்தத்தை அதே இடத்தில் முனைக்கு முனை திருப்பி மறுபடியும் அலுமினிய முள் காட்டும் விலகலைக் (θ_3, θ_4) குறிக்கவேண்டும். இதே முறையில் காந்தத்தை காந்தமானிக்குக் கீழ்ப்புறமுள்ள கரத்தில் அதே தூரத்தில் வைத்துக் காட்சிப் பதிவுகளைக் (θ_5, θ_6, θ_7, θ_8) குறிக்கவேண்டும். இந்த எட்டுக் காட்சிப் பதிவுகளின் சராசரியே சரியான விலகலைக் (θ) குறிக்கும். மேற்குறிப்பிட்ட சோதனையை d = 10 செமீ, 15 செமீ, 20 செமீ, 25 செமீ...... என்ற முறையில் சரிசெய்து காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணைப் படுத்தவேண்டும்.

பிறகு விலகு காந்தமானியை டேன்–B நிலையில் வைக்க வேண்டும். இதைக் கீழ்க்கண்டவாறு செய்யலாம். மீட்டர் அளவுகோலைப் புவிகாந்த வடக்கு-தெற்கு கோட்டில் வைக்க வேண்டும். காந்தமானியை மீட்டர் அளவுகோலின் மையத்தில் வைத்தல் வேண்டும். இப்போது மீட்டர் அளவுகோல் அலுமினியக் குறிமுள்ளுக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். காந்தப் பெட்டியைச் சுழற்றி குறிமுள் சுழிவிலகல் (0,0) காட்டுமாறு செய்யவேண்டும். குட்டைக் காந்தத்தை அதன் அச்சு கிடைமட்டமாகவும் கிழக்கு – மேற்காகவும் இருக்கும்படி வடக்கு கரத்தில் வைக்கவேண்டும். குட்டைக் காந்தத்தின் நடுவரைகோடு (equatorial line) காந்தப் பெட்டியிலுள்ள காந்த ஊசியின் வழியே புவிகாந்த வடக்கு-தெற்கில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இந்த நிலைக்குத்தான் டேன்-B நிலை எனப்பெயர். டேன்–A நிலையில் எந்த எந்த தூரங்களுக்கு விலகல்களைக் குறித்தோமோ அதே தூரங்களுக்கு டேன்–B நிலையிலும் விலகல்களைக் குறிக்கவேண்டும். விலகல் குறிக்கும்போது ஒவ்வொரு தொலைவிற்கும் எட்டு விலகல்களைக் கண்டு சராசரி விலகலைக் காணவேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிற்கு டேன்-A, டேன்–B நிலைகளில் சராசரி விலகல் முறையே θ-ம் θ'-ம் ஆனல் $\frac{\tan\theta}{\tan\theta'}$,-ன் மதிப்பு இரண்டாக இருப்பதைச் சோதனை மூலம் கண்டறியலாம். இவ்வாறு சரிபார்ப்பது இருமடி எதிர்விதி சரி என்பதை மெய்ப்பிப்பதாகும்.

கொள்கை (**Theory**)

குட்டைக் காந்தத்தின் திருப்புதிறன் M எனவும் அதன் மையம் காந்தமானியின் மையத்திலிருந்து d செமீ தொலைவில் இருப்பதாகவும் கொண்டால், டேன்-A நிலையில்,

$$\frac{2M}{d^3} = H \tan \theta \qquad \ldots\ldots(1)$$

அவ்வாறே டேன்–B நிலையில்,

$$\frac{M}{d^3} = H \tan \theta' \qquad \ldots\ldots(2)$$

ஆகவே (1) ÷ (2), $\frac{\tan \theta}{\tan \theta'} = 2$

மேற்குறிப்பிட்ட (1), (2) சூத்திரங்கள் இருமடி எதிர்விதியை உபயோகித்து அடையப்பட்டதால்

$\frac{\tan \theta}{\tan \theta'} = 2$ என்று நிலைநாட்டல் இருமடி எதிர்விதியைச் சரி பார்த்தலுக்கு ஒப்பாகும்.

அட்டவணை I

டேன்-A நிலை

வரிசை எண்	தொலைவு	குட்டைக் காந்தம் காந்த மானிக்கு கிழக்கே				குட்டைக் காந்தம் காந்த மானிக்கு மேற்கே				சராசரி விலகல் θ	Tan θ
		θ_1	θ	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8		
1											
2											
3											
4											

அட்டவணை II

டேன்-B நிலை

வரிசை எண்	தொலைவு	குட்டைக் காந்தம் காந்தமானிக்கு வடக்கே				குட்டைக் காந்தம் காந்தமானிக்குத் தெற்கே				சராசரி விலகல் θ'	Tan θ'
		θ_1'	θ_2'	θ_3'	θ_4'	θ_5'	θ_6'	θ_7'	θ_8'		
1											
2											
3											
4											

அட்டவணை III

வரிசை எண்	தொலைவு	Tan θ	Tan θ'	$\frac{\text{Tan } \theta}{\text{Tan } \theta'}$

31. விலகு காந்தமானி மூலம் காந்த திருப்புதிறன்களை ஒப்பிடல்

(Deflection Magnetometer—Comparison of Magnetic Moments)

நோக்கம்

இரு காந்தங்களின் காந்தத் திருப்புதிறன்களை சமதொலை முறை மூலமும், சுழி விலக்கு முறை மூலமும் ஒப்பிடுதல்.

தேவையான கருவிகள்

விலகு காந்தமானி, ஒப்பிடவேண்டிய இரு காந்தங்கள், அளவுகோல்.

செய்முறை

சமதொலை முறை (Equal Distance Method): விலகு காந்தமானி டேன்-A நிலையில் வைக்கப்படவேண்டும். இதை வைக்கும் விதம் இதற்கு முன்னுள்ள சோதனையில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தமானியைச் சுழற்றிக் குறிமுள் சுழிவிலகல் $(0, 0)$ காண்பிக்குமாறு செய்யவேண்டும். கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் இரு காந்தங்களில் ஒன்றைக் காந்தமானிக்கு மேற்புறமுள்ள கரத்தில் அதன் வடதுருவம் காந்தமானியை நோக்குமாறு வைக்கவேண்டும். விலகல் $30°$-யிலிருந்து $60°$-க்குள்ளாக இருக்குமாறு காந்தத்தின் தொலைவைச் சரிசெய்யவேண்டும். இந்தத் தொலைவை விலகு காந்தமானியின் மையத்திலிருந்து காந்தத்தின் மையம் வரை திருத்தமாக அளக்கவேண்டும் (d செமீ). அலுமினியக் குறிமுள் காட்டும் விலகலைக் குறிக்கவும் (θ_1, θ_2). காந்தத்தை அதே இடத்தில் தொலைவு மாறாமல் முனைக்குமுனை திருப்பி விலகல்களைக் (θ_3, θ_4) குறிக்கவேண்டும். இதேமுறையில் காந்தத்தைக் கீழ்ப்புறமுள்ள கரத்திற்கு மாற்றி அதே தொலைவில் நிறுத்திக் காட்சிப் பதிவுகள் $(\theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8)$ எடுக்கவேண்டும். இந்த எட்டு விலகல்களுக்குமுள்ள சராசரியே சரியான விலகல் ஆகும் (θ). இவ்வாறே முதல் காந்தத்தை அப்புறப்படுத்தி இரண்டாவது காந்தத்தை வைத்துச் சராசரி விலகலைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும் (θ'). காந்தத்தின் திருப்புதிறன்கள் முறையே M_1, M_2 ஆனால்,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d^2 - l_1{}^2)^2 \tan \theta}{(d^2 - l_2{}^2)^2 \tan \theta'}$$

இதில் l_1 முதல் காந்தத்தின் பாதி நீளத்தையும் l_2 இரண்டாவது காந்தத்தின் பாதி நீளத்தையும் குறிக்கும். இச்சோதனையைத் தொலைவை மாற்றித் திரும்பச் செய்யலாம். அட்டவணை I-ல் கண்டபடி காட்சிப் பதிவுகளைக் குறிக்கவேண்டும்.

குறிப்பு

மேலே விவரித்த சோதனையை விலகு காந்தமானியை டேன்-B நிலையில் வைத்தும் செய்யலாம். அவ்வாறு செய்ய

அட்டவணை 1

நிலை	காந்தத்தின் தொலைவு	விலகல்—முதல் காந்தம்									விலகல்—இரண்டாவது காந்தம்									$\frac{M'}{M}$
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ சராசரி	θ_1'	θ_2'	θ_3'	θ_4'	θ_5'	θ_6'	θ_7'	θ_8'	θ' சராசரி	
டேன்-A																				
டேன்-B																				

முறையில் மாறுதல் கிடையாது. ஆனால் கீழே கொடுத்திருக்கும் சூத்திரம் உபயோகிக்கப்படவேண்டும்.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d^2 + l_1{}^2)^{3/2} \tan \theta}{(d^2 + l_2{}^2)^{3/2} \tan \theta'}$$

சுழி விலக்கு முறை (Null Deflection Method): விலகு காந்தமானியை டேன்–A நிலையில் வைக்கவேண்டும். காந்தமானியைச் சுழற்றி அலுமினிய முள் 0-0 இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். கொடுத்திருக்கும் இரு காந்தங்களை ஒன்று காந்தமானிக்கு மேற்புறமுள்ள கரத்திலும் மற்றொன்று கீழ்ப்புறமுள்ள கரத்திலும் இருக்குமாறு வைக்கவேண்டும். இரு காந்தங்களின் வடதுருவங்களும் எதிர் திசைகளை நோக்குமாறு அமைத்தல்வேண்டும். முதல் காந்தத்தின் தொலைவை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவில் (d_1 செமீ) வைத்து மற்றொரு காந்தத்தை நகர்த்தி காந்தமானியில் சுழி விலகல் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இந்த நிலையில் இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவை அளக்கவேண்டும் (d_2செமீ). இரு காந்தங்களையும் முனைகளைத் திருப்பி d_1-ஐ நிலையாக வைத்து d_2-ஐ முன்போல் சுழி விலகலுக்காகக் காணவேண்டும். அதேமாதிரியாகக் காந்தங்களை மறு பக்கங்களுக்கு மாற்றி d_1-க்குச் சரியான d_2-ன் மதிப்பைக் காணவேண்டும். ஆக ஒவ்வொரு d_1 மதிப்புக்கும் நான்கு d_2-ன் மதிப்புகள் எடுத்துச் சராசரி காணவேண்டும். சோதனையை d_1-ன் மதிப்பை மாற்றி மறுபடி செய்யலாம். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணை II–ல் காட்டியபடி குறிக்கவேண்டும்.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d_1{}^2 - l_1{}^2)^2\, d_2}{(d_2{}^2 - l_2{}^2)^2\, d_1}$$ என்ற சூத்திரத்தின் மூலம் $\frac{M_1}{M_2}$-ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

குறிப்பு

மேலே விவரித்த சோதனையை விலகு காந்தமானியை டேன்-B நிலையில் வைத்தும் செய்யலாம். செய்முறையில் மாறுதல் இல்லை; ஆனால் $\frac{M_1}{M_2} = \frac{(d_1{}^2 + l_1{}^2)^{3/2}}{(d_2{}^2 + l_2{}^2)^{3/2}}$ என்ற சூத்திரம் உபயோகித்து $\frac{M_1}{M_2}$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும்.

அட்டவணை II

நிலை	முதல் காந்தத்தின் தொலைவு d_1 செமீ	சுழி விலகலுக்கான இரண்டாவது காந்தத்தின் தொலைவு					M_1/M_2
		1	2	3	4	சராசரி d_2	
டேன்-A							
டேன்-B							

32. M, H காணல் : விலகு, அலைவு காந்தமானிகள் மூலம்

(Determination of M and H using Deflection and Vibration Magnetometers)

நோக்கம்

ஒரு கொடுத்திருக்கும் காந்தத்தின் காந்தத் திருப்புதிறனையும் புவிகாந்த வயலின் கிடைத்தளச் செறிவையும் கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள்

காந்தம், விலகு காந்தமானி, மேல் மூடியுடன் கூடிய கண்ணாடி மணிச்சாடி, நிறுத்து கடிகாரம் (stop watch), மீட்டர் அளவுகோல்.

செய்முறை

சோதனையை இரண்டு பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதல் பகுதியில் விலகு காந்தமானியை உபயோகித்து M/H-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும். மேசைமேல் காந்தம், காந்தவியலுள்ள பொருள்கள் இவற்றை அப்புறப்படுத்திவிட்டு விலகு காந்தமானியை முன் சோதனையில் விவரித்தபடி டேன்-A நிலையில் வைக்க வேண்டும். காந்தப் பெட்டியைச் சுழற்றி அலுமினியக் குறிமுள் சுழி அளவு (0,0) காண்பிக்குமாறு செய்யவேண்டும். கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் காந்தத்தைக் காந்தமானிக்கு மேல் கரத்தில் வைத்துக் காந்தத்தின் அச்சு கிடைமட்டமாகவும் மீட்டர் கோலுக்கு இணையாகவும் இருக்கும்படி செய்யவேண்டும். காந்தத்தின் மையத்திற்கும் காந்தமானியின் மையத்திற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைச் சரிப்படுத்தி காந்தமானியில் விலகல் 30°க்கும் 60°க்கும் உட்பட இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். பிறகு தொலைவைத் திருத்தமாக அளக்கவேண்டும் (d செமீ). அலுமினியக் குறிமுள் காட்டும் விலகலைக் (θ_1, θ_2) குறிக்க வேண்டும். அதே தொலைவில் காந்தத்தை முனைக்குமுனை திருப்பி மறுபடி காட்சிப் பதிவுகள் எடுக்கவேண்டும் (θ_3, θ_4). இவ்விதமே காந்தத்தை அதே தொலைவில் கீழ்க்கரத்தில் வைத்து $(\theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8)$ காட்சிப் பதிவுகள் எடுக்கவேண்டும். இம்முறையில் கண்டுள்ள எட்டு விலகல்களுக்கும் சராசரியே சரியான விலகல் (θ) ஆகும். காந்தத்தின் தொலைவை மாற்றிச் சோதனையை மூன்று அல்லது நான்கு முறை செய்யவேண்டும்.

$$\frac{2Md}{(d^2-l^2)^2} = H \tan \theta$$

என்ற சூத்திரத்தை உபயோகித்து $\frac{M}{H}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும்.

$$\therefore \frac{M}{H} = \frac{(d^2-l^2)^2 \tan \theta}{2d}$$

இதில் l என்பது காந்தத்தின் பாதி நீளமாகும்.

குறிப்பு : மேலே விவரித்த சோதனையை டேன்-B நிலையில் விலகு காந்தமானியை வைத்தும் செய்யலாம். அப்படி உபயோகித்தால்

$$\frac{M}{H} = (d^2+l^2)^{3/2} \tan \theta$$

என்ற சூத்திரத்தை உபயோகித்து M/H-ஐக் கணக்கிடவேண்டும்.

சோதனையின் இரண்டாவது பாகத்தில் அலைவு காந்த மானியை உபயோகிக்கவேண்டும். கொடுத்திருக்கும் காந்தத் தைக் கொண்டே புவிகாந்த கிடைத்தள வயலில் ஆடும் ஓர் அலைவு காந்தமானியை அமைக்கலாம். கண்ணாடி மணிச்சாடியில் ஒரு காகிதத் துண்டை தொட்டில் வடிவத்தில் அமைத்து முறுக்கில்லாத மெல்லிய நூல்மூலம் தொங்கவிட வேண்டும். சோதனைக்கு உபயோகிக்கும் காந்தத்தை இதில் கிடைமட்டமாக அகலவாட்டில் வைக்கவேண்டும். காந்தம் நிலையானவுடன் அதன் சமநிலையை ஒரு முனைக்கெதிராகக் கண்ணாடிச் சாடியின் மேல் குறிப்புக் கோடு வரைந்து கொள்ளவேண்டும். பிறகு மற்றொரு காந்தத்தின் உதவியால் சிறிய வீச்சுடன் அலைந்தாடுமாறு செய்து விட்டு இக்காந்தத்தை அப்புறப்படுத்தவேண்டும். 30 அலைவு களுக்கான நேரத்தை ஊசலி சோதனையில் காண்பதுபோல் நிறுத்து கடிகாரம் கொண்டு காணவேண்டும். சோதனையை மூன்றுதரம் செய்து சராசரி அலைவு நேரத்தைக் (period) கணக்கிட வேண்டும் (T செகன்ட்). காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணை II-ல் காட்டியபடி குறிக்கலாம். காந்தத்தின் எடையைத் தராசுமூலம் காணவேண்டும் (m கிராம்). காந்தத்தின் நீளம் ($2l$), அகலம் (b); இவற்றைக் காலிப்பர்ஸ் கொண்டு அளக்கவேண்டும். காந்தத்தின் நிலைமத் திருப்புதிறன் (moment of inertia) $I = \frac{m(4l^2+b^2)}{12}$ என்ற சூத்திரத்தின்மூலம் கணக்கிடவேண்டும்.

ஆகவே, $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$ என்ற சூத்திரப்படி,

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

இதைக் கொண்டு MH-ன் மதிப்பைச் சோதனை இரண்டாம் பகுதியில் கண்டுபிடிக்கலாம்.

M/H-ன் மதிப்பை X எனவும் MH-ன் மதிப்பை Y எனவும் கொண்டால்,

$$M = \sqrt{XY}$$

$H = \sqrt{Y/X}$ என்றபடி M, H இவற்றைத் தனித்தனி யாகக் கணக்கிடலாம்.

அட்டவணை I

வரிசை எண்	காந்தத்தின் தொலைவு	காந்தம் காந்தமானிக்கு மேற்கே				காந்தம் காந்தமானிக்குக்கிழக்கே				சராசரி θ	Tan θ	$\frac{M}{H} = \frac{(d^2-l^2)^2 \tan\theta}{2d}$
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8			

அட்டவணை II

வரிசை எண்	30 அலைவுகளுக்கான நேரம்			சராசரி	அலைவு நேரம் T
	1	2	3		

காந்தத்தின் எடை = ... (m கிராம்)

காந்தத்தின் நீளம் = ... ($2l$ செமீ)

காந்தத்தின் அகலம் = ... (b செமீ)

காந்தத்தின் நிலைமத் திருப்புதிறன் = ... (I)

$$MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2}$$

VI. மின்னியல்

(Electricity)

33. டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர் மூலம் மின்னேட்டத்தின் அளவு காணல்

(Measurement of Current—Tangent Galvanometer)

நோக்கம்

டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர் உபயோகித்து மின்னேட்டத்தின் அளவைக்கண்டு அதன் மூலம் அம்மீட்டரின் பிரிவுகளை அளவுத் திருத்தம் செய்தல் (calibration).

தேவையான கருவிகள்

டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர், அம்மீட்டர், திசைமாற்றி (commutator), *6–வோல்ட் மின்கலம்* (battery), *மின்தடைமாற்றி* (rheostat), *முளைச் சாவி* (plug key).

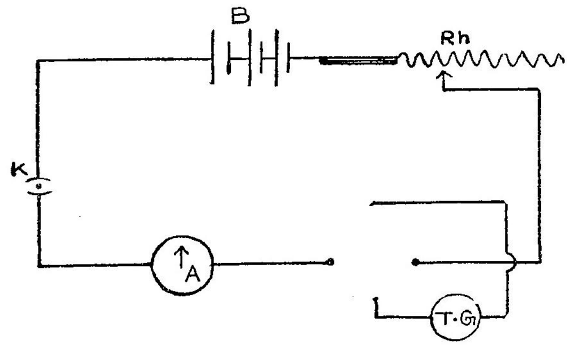
செய்முறை

படத்தில் காட்டியபடி 6–வோல்ட் மின்கலம், அம்மீட்டர், முளைச் சாவி, டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர், மின்தடைமாற்றி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர் இணைக்கும்போது திசைமாற்றி மூலம் இணைக்க வேண்டும். டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர் அருகாமையில் கூடிய வரை காந்தமோ காந்தப் பொருள்களோ இல்லாதிருத்தல் அவசியம். டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டரின் கம்பிச் சுருளின் தளம் புவிகாந்த வடக்கு-தெற்கு திசையில் இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும். விலகு காந்தமானியின் முள் தடையில்லாமல் இரு புறமும் நகரும்படி மட்டத்தைச் சரிசெய்யும் திருகுகளின் மூலம் (levelling screws) *சரிசெய்தல் வேண்டும். காந்தமானியில் அலுமினியக் குறிமுள் சுழி விலகல்* (0, 0) *காட்டுமாறு காந்த*

மானியை நகர்த்தாமல் சுழற்றிச் சரிசெய்யவேண்டும். பிறகு முளைச் சாவியை மூடி மின்சுற்றில் மின்னோட்டத்தைத் துவக்க வேண்டும். மின்தடைமாற்றியை உபயோகித்து அம்மீட்டர் 0·2 ஆம்பியர் காண்பிக்குமாறு செய்யவேண்டும். டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர் காந்தமானியில் காட்டும் அளவுகளைக் (θ_1, θ_2) குறிக்கவேண்டும். திசைமாற்றியை மறுபுறம் திருப்பி மறுபடியும் விலகல்களைக் (θ_3, θ_4) குறிக்கவேண்டும். இந்த நான்கு விலகல்களின் சராசரி (θ) சரியான கோண விலக்கத்தைக் குறிக்கும். இதே முறையில் அம்மீட்டரில் 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 ஆம்பியர் காட்டும்படி மின்தடைமாற்றியை நகர்த்தி அவைகளுக்கான விலகல்களை மேல் விவரித்தபடி குறித்து அட்டவணைப்படுத்த வேண்டும். டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டரின் சுற்றளவை ஒரு நூல் மூலம் கண்டு அதிலிருந்து கம்பிச் சுருளின் ஆரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். (சுற்றளவு $= 2\pi \times$ ஆரம்.) டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டரில் உபயோகித்த கம்பிச் சுருளின் எண்ணிக்கையையும் குறிக்கவேண்டும் (n). டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டரில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$C = \frac{10rH}{2\pi n} \tan \theta$$

என்ற சூத்திரத்தின் மூலம் கணக்கிடலாம். இவ்வாறு கணக்கிட்ட மின்னோட்டம் அம்மீட்டர் காட்டும் மின்னோட்டத்துடன் ஒத்திருக்கவேண்டும். அப்படியில்லாவிடில் அம்மீட்டர் காட்டும் அளவினுடைய திருத்தத்தைக் குறிக்கவேண்டும்.



கம்பிச் சுருளின் சுற்றளவு ($2\pi r$) = ...செமீ

கம்பிச் சுருளின் ஆரம் (r) = ... செமீ

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை (n) = ...

புவிகாந்த வயலின் கிடைமட்டச் செறிவு $(H) = \ldots\ldots$ ஓர்ஸ்டெட்

அட்டவணை

வரிசை எண்	அம்மீட்டர் காட்டும் மின்னோட்டம்	கோண விலக்கம்				சராசரி θ	$\tan\theta$	கணக்கிட்ட மின்னோட்டம் $\frac{10rh}{2\pi n} \cdot \tan\theta$	இருக்கும் + ஒத்து —
		திசை மாற்று முன்		திசை மாற்றிய பின்					
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4				

34. P. O. பெட்டி— (பொருளின் மின்தடை எண் காணல்)
(P. O. Box)

நோக்கம்

P.O. பெட்டிமூலம் ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடையைக் கண்டுபிடித்து அதிலிருந்து அப்பொருளின் மின்தடை எண் (specific resistance) காணல்.

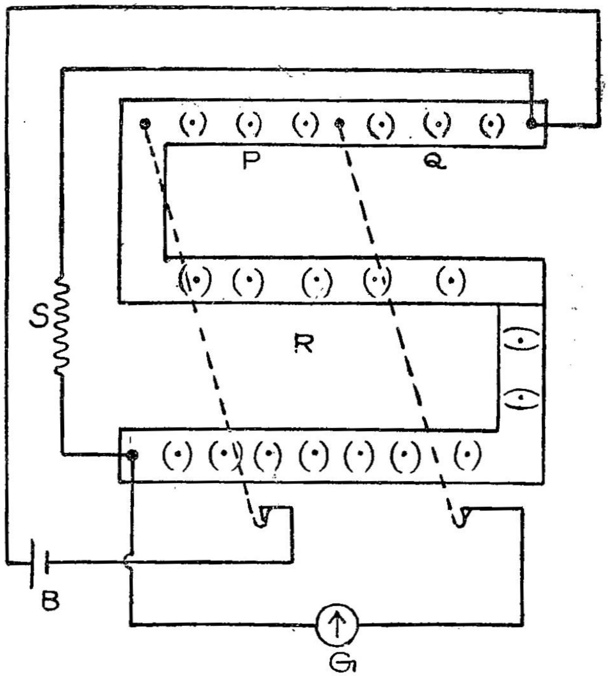
தேவையான கருவிகள்

P.O. பெட்டி, மின்தடை காணவேண்டிய கம்பிச் சுருள், மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை (high resistance), லெக்லான்சி கலம்.

கருவி விளக்கம்

P.O. பெட்டியின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதை ஒரு வீட்ஸ்டன் வலைச்சுற்றுக்கு (Wheatstone's net) ஒப்பிட

லாம். இதில் P, Q, R என்று குறியிடப்பட்ட மூன்று தடை வரிசைகள் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டு ஒரு மரப்பெட்டியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். P, Q இவை ஒவ்வொன்றிலும் 10, 100, 1000 ஓம்கள் மதிப்புள்ள மின்தடைகள் உள்ளன. இவை மின் சுற்றின் விகிதக் கரங்கள் (ratio arms) எனப்படும். R வரிசையில் ஒன்று முதல் 5000 ஓம்கள் வரை மதிப்புள்ள மின்தடைகள் உள்ளன. நாம் எந்தப் பொருளின் மின்தடை காணவேண்டுமோ அதை நான்காவது S கரமாக உபயோகிக்கவேண்டும். S-ன் ஒரு முனை R உடனும் மற்றொரு முனை Q உடனும் படத்தில் காட்டியிருப்பதுபோல் இணைக்கப்படவேண்டும். பெட்டியிலேயே இரு தட்டுச் சாவிகள் (tap keys) உள்ளன. ஒன்று மின்கலம் உள்ள சுற்றிலும் மற்றொன்று கால்வனுமீட்டர் சுற்றிலும் உபயோகிப்பதற்குப் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன.



செய்முறை

படத்தில் காட்டியபடி மின்னிணைப்புகளை இணைக்கவேண்டும். P கரத்தில் 10 ஓம், Q கரத்தில் 10 ஓம் எடுத்துக் கலச் சுற்றில் உள்ள தட்டுச் சாவியை அழுத்தவேண்டும். இதற்குப் பிறகு கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் உள்ள தட்டுச் சாவியை அழுத்திக் கால்வனு

மீட்டரில் எப்பக்கம் விலகல் இருக்கிறதென்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். R கரத்தில் உள்ள ஈறிலா மின்தடை முளை(plug of infinite resistance)யை எடுத்துக் கால்வனுமீட்டரில் விலகல் மறுபக்கம் இருக்கிறதா என்பதைக் கவனிக்கவேண்டும். அப்படி யிருந்தால் மின்னிணைப்பு சரியாகச் செய்யப்பட்டிருக்கிறது என்று கொள்ளலாம். மறுபடி R கரத்தில் ஈறிலா மின்தடை முளையைச் சொருகிவிட்டு தகுந்த மின்தடைகளை எடுத்துக் கால்வனுமீட்டரில் சுழிவிலகல் இல்லாமல் செய்யவேண்டும். அப்படி முடியாவிட்டால் ஓர் ஓம் மாறுபாட்டில் விலகல் சுழிக்கு இருபுறம் இருக்கும்போது R–ல் எடுக்கப்படும் அளவுகளைக் குறிக்கவேண்டும். உதாரண மாக இவை 5 ஓம், 6 ஓம் ஆக இருப்பின் S-ன் மின்தடை 5 ஓமுக்கும் 6 ஓமுக்கும் இடையில் உள்ளதாகக் கொள்ளவேண்டும். மறுபடி P கரத்தில் 100 ஓம், Q கரத்தில் 10 ஓம் எடுத்து மேல்விவரித்த முறையில் ஓர் ஓம் வித்தியாசத்தில் R-ன் மதிப்புகளைக் காண வேண்டும். உதாரணமாக இவை 54 ஓம், 55 ஓம் எனில் S-ன் மதிப்பு 5·4 ஓமுக்கும் 5·5 ஓமுக்கும் இடையில் உள்ளதாகக் கொள்ளவேண்டும். பிறகு P கரத்தில் 1000 ஓம், Q கரத்தில் 10 ஓம் என எடுத்து R கரத்தில் சுழி விலகலுக்காக எடுக்கப்படும் அளவைக் குறிக்கவேண்டும். இது உதாரணமாக 542 ஓம் ஆனால் S-ன் சரியான மதிப்பு 5·42 ஓம் எனக் கொள்ளவேண்டும்.

S கரத்தில் இணைத்திருக்கும் கம்பிச் சுருளை எடுத்துச் சுருளில் அடங்கிய நீளத்தைக் காணவேண்டும் (L செமீ). இந்தச் சுருளில் அடங்கிய கம்பியின் சராசரி ஆரத்தைத் திருகுமானி மூலம் காண வேண்டும் (r செமீ). கம்பிச் சுருளின் மின்தடை எண்ணை $\rho = \frac{R.\ \pi r^2}{L}$ ஓம்–செமீ என்ற சூத்திரம் கொண்டு கணக்கிட வேண்டும்.

35. மின்தடை வெப்பநிலை எண் காணல்
(Temperature Coefficient of Resistance)

நோக்கம்

கம்பிச் சுருள் வடிவிலுள்ள ஒரு பொருளின் மின்தடை வெப்ப நிலை எண்ணை P.O. பெட்டி உபயோகித்துக் கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள்

P.O. பெட்டி, லெக்லான்சி கலம், மேசை கால்வனுமீட்டர்,

உயர் மின்தடை, நீர்த்தொட்டி, மின்தடை வெப்பநிலை எண் காணவேண்டிய கம்பிச் சுருள்.

செய்முறை

மின்தடை வெப்பநிலை எண் காணவேண்டிய கம்பிச் சுருள் ஒரு மரத்துண்டிலோ அல்லது எபனைட் தண்டிலோ சுற்றப்பட்டு ஒரு சோதனைக் குழாயில் (test tube) வைக்கப் பட்டிருக்கும். சோதனைக் குழாயில் எண்ணெ ஊற்றப்பட்டு இந்தச் சுருள் அதில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு செய்யப்பட்டிருக்கும். இக்கம்பிச் சுருளின் முனைகள் தடித்த செம்பு வழிக்கம்பிகள் (copper leads) மூலம் சோதனைக் குழாயின் எபனைட் மூடியில் திருகு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இம்மூடியிலுள்ள மற்றொரு துவாரத்தின் வழியாக ஒரு வெப்பமானி சொருகப்பட்டிருக்கும். இச் சோதனைக் குழாயை நீர்த்தொட்டியில் நீரில் நிமிர்ந்த நிலையில் அமிழ்ந்திருக்குமாறு வைக்கப்படவேண்டும். P.O. பெட்டி மூலம் மின்தடை காணும்வீதம் இதற்கு முன்னுள்ள சோதனையில் விவரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அவ்வாறே மின் இணைப்புகளை இணைத்து இக்கம்பிச் சுருளின் மின்தடையை அறை வெப்பநிலை யில் (room temperature) முதலில் காணவேண்டும். பிறகு நீர்த் தொட்டியின் வெப்பநிலையை 40°C, 50°C,... 100°C என படிப் படியாக உயர்த்தி அந்த அந்த வெப்பநிலையில் மின்தடையை முன் விவரித்தபடியே காணவேண்டும். அப்படிக் கண்டுபிடிக்கும் போது வெப்பநிலை காட்சிப் பதிவு எடுக்கும்வரை நிலையாக இருத்தல் அவசியம். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணையில் உள்ளபடி குறிக்கவும். R_1, R_2 என்பவை t_1°C, t_2°C என்ற வெப்பநிலைகளில் முறையே மின்தடைகளைக் குறிக்குமேயானால் மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணைக் (α) கீழ்க்கண்ட சூத்திரம் உபயோகப்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும்.

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$$

குறிப்பு

மேலே விவரித்த சோதனையில் அறை வெப்பநிலைக்கும் நீர் கொதி வெப்பநிலைக்கும் இடையேயான வெப்பநிலையை நிலையாக வைத்திருப்பது கடினமாக இருப்பின் கம்பிச் சுருளின் மின் தடையைப் பனி உருகு வெப்பநிலை 0°C, அறை வெப்பநிலை t°C, நீர் கொதி வெப்பநிலை 100°C இவற்றில் கண்டுபிடித்தால் போது மானது. R , R_{100} கம்பிச் சுருளின் மின்தடையை முறையே 0°C, 100°C வெப்பநிலைகளில் குறிக்குமேயானால்,

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 R_0}$$

என்ற சூத்திரப்படி α-ன் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

வெப்ப நிலை °C	P	Q	R–ல் மின்தடை		S கம்பிச் சுருளின் மின்தடை
			கால்வனு மீட்டர் விலகல் இடப் புறம்	கால்வனு மீட்டர் விலகல் வலப் புறம்	
0°C					
அறை வெப்ப நிலை					
100°C					

36. காரி ∴பாஸ்டர் பாலம்

(Carey Foster's Bridge)

நோக்கம்

இரண்டு ஏறத்தாழச் சமமான மின்தடைகளை ஒப்பிட்டு அதன் மூலம் ஒரு கம்பிச் சுருளின் மின்தடை எண் காணல்.

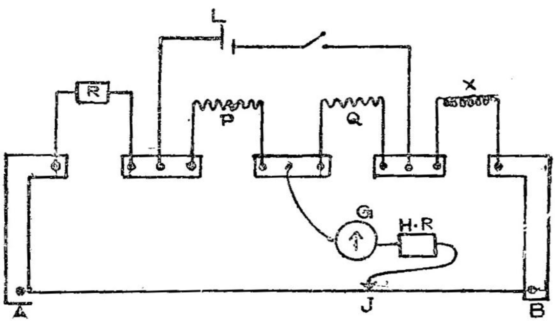
தேவையான கருவிகள்

காரி ∴பாஸ்டர் பாலம், இரண்டு சமமதிப்புள்ள மின்தடை

கள், மின்தடைப் பெட்டி, தரமிடப்பட்ட மின்தடை (standard resistance), லெக்லான்சி கலம், மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின் தடை, முளைச் சாவி.

கருவி விளக்கம்

காரி.:பாஸ்டர் பாலம் படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இக் கருவி மீட்டர் பாலத்திலிருந்து சிறிது மாறுபட்ட அமைப்புள்ளது. இக்கருவியில் செப்புப்பட்டைகளுக்கு இடையே நான்கு இடை வெளிகள் விடப்பட்டிருக்கும். (மீட்டர் பாலத்தில் இரண்டு இடை வெளிகளே உள்ளது ஞாபகமிருக்கும்.) மீட்டர் பாலத்தில் உள்ளது போலவே ஒரு மீட்டர் நீளமுள்ள சீரான குறுக்களவும், குறைந்த வெப்ப மின்தடை எண் உள்ள பொருளாலானதுமான ஒரு கம்பி பலகையின் மேல்கோடி செப்புப் பட்டைகளுக்கிடையில் பொருத் தப்பட்டிருக்கும். இதற்கு இணையாக அருகாமையில் ஒரு மீட்டர் அளவுகோலும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கம்பியின் மேல் ஒரு ஜாக்கியை நகர்த்திக் கம்பியில் வேண்டும் இடத்தில் மின் இணைப்பு இருக்குமாறு செய்ய வகை செய்யப்பட்டிருக்கிறது.



செய்முறை

கருவியின் நடு இரண்டு இடைவெளிகளில் (middle gaps) P,Q என்ற சமமான மின்தடைகளை இடைவெளிக்கு ஒன்றாக இணைக்க வேண்டும். மற்ற இரண்டு ஓர இடைவெளிகளில் (end gaps) இடதுபுறம் உள்ளதில் ஒரு மின்தடைப் பெட்டி(R)யையும் வலப் புறம் உள்ளதில் எந்தக் கம்பிச் சுருளின் மின்தடை காணவேண் டுமோ அந்தச் சுருளையும் (X) இணைக்கவேண்டும். லெக்லான்சி கலமும், மேசை கால்வனுமீட்டரும் படத்தில் காட்டியிருப்பது போல் இணைக்கப்படவேண்டும். மின்தடைப் பெட்டி R-ல் கிட்டத் தட்ட X-க்குச்சமமான மின்தடையை எடுக்கவேண்டும். ஜாக்கியை நகர்த்திச் சரியீட்டு புள்ளியைக் (balancing point) காண

வேண்டும். கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் உள்ள உயர் மின்தடைப் பொருத்தியைச் சொருகி ஜாக்கியை மறுபடியும் சிறிது நகர்த்தி இந்தச் சரியீட்டு புள்ளியைத் துல்லியமாகக் காணவேண்டும். இந்தப் புள்ளியின் தூரத்தைப் பாலத்தின் இடப்புற நுனியிலிருந்து அளக்கவேண்டும். இந்தச் சரியீட்டு நீளத்தைக் (l_1 செமீ) குறிக்கவேண்டும். பிறகு X, R இவற்றை ஓர இடைவெளிகளில் ஒன்றுக்கொன்று இடம் மாற்றி (interchange) இணைக்கவேண்டும். முன்போல் மறுபடி சரியீட்டு புள்ளியைக் கண்டுபிடித்து இப்புள்ளியின் தூரத்தை இடப்புறமிருந்தே மறுபடி அளக்க வேண்டும் (l_2 செமீ). X–ன் மதிப்பைப் பின் கொடுக்கப்பட்ட சூத்திரத்தின் மூலம் கணக்கிடவேண்டும்.

$$X = R + \rho(l_2 - l_1)$$

இதில் ρ என்பது காரி ஃபாஸ்டர் பாலத்தில் உள்ள கம்பியின் ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்தின் மின்தடையாகும்.

ρ-ன் மதிப்பைக்காண: இதற்கு மறுமுறை கீழ்க்கண்டவாறு சோதனை செய்தல் வேண்டும். R, X-ஐ மாத்திரம் முன் செய்த சோதனை மின் இணைப்பிலிருந்து எடுத்துவிட வேண்டும். இடது ஓர இடைவெளியில் ஓர் ஓம் தரமிடப்பட்ட (standard 1 ohm) மின்தடையை இணைக்கவேண்டும். வலப்புறமுள்ள ஓர இடைவெளியை ஒரு கனத்த செப்புத் தகட்டால் இணைத்து மூட வேண்டும். ஜாக்கியைத் தகுந்தபடி நகர்த்தி முன்போல் சரியீட்டு புள்ளியைக் காணவேண்டும். எனவே, இச்சரியீட்டு புள்ளியின் தூரத்தை இடப்புற நுனியிலிருந்து அளக்கவேண்டும் (L_1 செமீ). தரமிடப்பட்ட ஓர் ஓம் மின்தடையையும், கனத்த செப்புத் தகட்டையும் ஓர இடைவெளிகளில் இடம் மாற்றி முன்போலவே சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும் (L_2 செமீ). பாலத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் கம்பியின் ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்துக்கான மின்தடையைக் (ρ) கீழ்க்கண்ட சூத்திரம் மூலம் கணக்கிட வேண்டும்.

$$\rho = \frac{1}{(L_2 - L_1)} \text{ ஓம்-செமீ.}$$

குறிப்பு

தரமிடப்பட்ட மின்தடை ஓர் ஓமுக்குப் பதிலாகப் பொதுவாக y ஓம் என்று இருந்தால், $\rho = \frac{y}{(L_2 - L_1)}$ ஆகும்.

சோதனை இரண்டாம் பகுதியில் கணக்கிட்ட ρ-ன் மதிப்பை உபயோகித்துக் கம்பிச் சுருளின் மின்தடையைக் காண

$$X = R + \frac{(l_2 - l_1)}{(L_2 - L_1)}$$

என்ற சூத்திரத்தை உபயோகிக்கலாம். கம்பிச் சுருளில் அடங்கியிருக்கும் நீளத்தை மீட்டர் அளவுகோல் மூலம் காணவேண்டும் (l செமீ). திருகுமானியைக் கொண்டு கம்பிச் சுருளில் உள்ள கம்பியின் சராசரி ஆரத்தை முறைப்படி காணவேண்டும் (r செமீ). மின்தடை எண்ணை (s),

$$s = X.\frac{\pi r^2}{l} \text{ ஓம்–செமீ}$$

என்ற சூத்திரம் உபயோகித்துக் கணக்கிடவேண்டும்.

அட்டவணை I

மின் தடைப் பெட்டி R–ல் மின்தடை	சரியீட்டு நீளம்		$X=R+\rho(l_2-l_1)$
	R இடப்புற இடைவெளியில் l_1 செமீ	R வலது பக்க இடைவெளியில் l_2 செமீ	

அட்டவணை II

தரமிடப்பட்ட மின்தடை	சரியீட்டு நீளம்		$\rho = \frac{1}{(L_2-L_1)}$
	தரமிடப்பட்ட மின்தடை இடது இடைவெளியில் L_1 செமீ	தரமிடப்பட்ட மின்தடை வலது இடைவெளியில் L_2 செமீ	
1 ஓம்			

கம்பிச் சுருளின் ஆரம் = ... (r செமீ)

கம்பிச் சுருளில் அடங்கிய நீளம் = ... (l செமீ)

மின்தடை எண் (s) = $X.\frac{\pi r^2}{l}$

37. ஜூலின் கலோரிமீட்டர்
(Joule's Calorimeter)

நோக்கம்

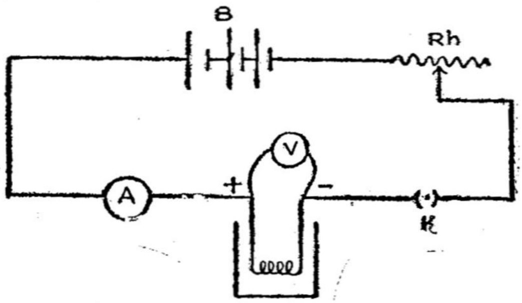
ஜூலின் கலோரிமீட்டரைக் கொண்டு வெப்பப் பொறியாற்றல் மாற்றை (mechanical equivalent of heat) கண்டுபிடித்தல்.

தேவையான கருவிகள்

ஜூலின் கலோரிமீட்டர், 6–வோல்ட் மின்கல அடுக்கு, முனைச்சாவி, மின்தடைமாற்றி, அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர், வெப்பமானி, பௌதிக தராசு.

செய்முறை

படத்தில் காட்டியபடி 6 - வோல்ட் மின்கல அடுக்கு, முனைச் சாவி, மின்தடை மாற்றி, ஜூலின் கலோரிமீட்டரின் கம்பிச் சுருள், அம்மீட்டர் இவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்க வேண்டும். ஜூல் கம்பிச் சுருளின் இருமுனைகளுக்கிடையே வோல்ட்மீட்டரை இணைக்கவேண்டும். சோதனை ஆரம்பிக்கு முன் முனைச்சாவியில் பொருத்தியை வைத்து மின்சுற்றில் ஓர் ஆம்பியர் மின்னோட்டத்திற்கு மின்தடை மாற்றியைச் சரி செய்ய வேண்டும். இதற்குப் பிறகு மின்னோட்டத்தை முனைச் சாவி மூலம் நிறுத்தி ஒரு கலோரிமீட்டரை அதன் கலக்கியுடன் எடை



யிட வேண்டும் (m கிராம்). பிறகு கலோரிமீட்டரில் சுமார் பாதி அளவு தண்ணீர் எடுத்துக் கொண்டு மறுபடி எடை காண வேண்டும் (m_1 கிராம்). கலோரிமீட்டரை ஒரு மரப் பெட்டியில் வைத்து ஜூல் கம்பிச் சுருள் அதில் நன்றாக அமிழ்ந்திருக்கும்படி வைக்கவேண்டும். வெப்பமானி மூலம் ஆரம்ப வெப்பநிலையைக் (θ_1°C) குறிக்கவேண்டும். பிறகு முனைச் சாவியில் பொருத்தியை வைத்து மின்னோட்டத்தைத் துவக்கவேண்டும். அதே நேரத்தில் ஒரு நிறுத்து கடிகாரத்தையும் (stop watch) ஓடவிடவேண்டும்.

கலோரிமீட்டரில் தண்ணீரைக் கலக்கி மூலம் லேசாகக் கலக்கி விட்டுக் கொண்டே இருக்கவேண்டும். வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 5° அல்லது 6° உயர்ந்திருக்கும்போது மின்னோட்டத்தை நிறுத்தவும். அதே சமயம் நிறுத்து கடிகாரத்தில் பார்த்து நேரத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். கலக்கி மூலம் கலோரி மீட்டர் தண்ணீரைக் கலக்கி மிக உயர்ந்த வெப்பநிலை எவ்வளவு என்றும் குறிக்கவேண்டும் (θ_2°C). நிறுத்து கடிகாரத்தை நிறுத்தாமல் மின்னோட்டம் எவ்வளவு நேரம் பாய்ச்சினோமோ அதே நேர அளவுக்குப் பிறகு கலோரிமீட்டர் தண்ணீரின் வெப்ப நிலையைக் குறிக்கவேண்டும் (θ_3°C). $\left(\frac{\theta_2 - \theta_3}{2}\right)$ ஐக் கணக்கிட்டு இதைச் சோதனையில் கண்ட உயர்ந்த வெப்பநிலை (θ_2°C) உடன் கூட்டிக் கொள்ளவேண்டும். இதுவே குளிர்தலுக்காகத் திருத்தம் செய்யப்பட்ட வெப்பநிலையாகும் (θ_4°C). அதாவது $\theta_4 = \theta_2 + \frac{(\theta_2 - \theta_3)}{2}$. இம்மாதிரியான திருத்தத்திற்குக் கதிர் வீச்சுத் திருத்தம் (radiation correction) எனப் பெயர். மேலே குறிப்பிட்டபடி சோதனை செய்யும்போது நடுவே அவ்வப்போது அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர்களில் காட்டும் அளவுகளைக் குறித்துச் சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும். இவை முறையே C ஆம்பியராகவும் E வோல்ட்களாகவும் கொள்வோம். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணையில் கண்டபடி குறிக்க வேண்டும். வெப்பப் பொறியாற்றல் மாற்றைக் (J) கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்.

கலோரிமீட்டரின் வெப்ப எண் $= s$ (தெரிந்தது)

கலோரிமீட்டர், கலக்கி இவைகளின் சமநீர் எடை (water equivalent) $= ms$ கிராம்

கலோரிமீட்டரில் நீரின் எடை மாத்திரம் $= (m_1 - m)$ கிராம்

கலோரிமீட்டர், கலக்கி, நீர் இவற்றின் மொத்தச் சமநீர் எடை $= (ms + m_1 - m)$ கிராம்

வெப்பநிலை உயர்வு $= (\theta_4 - \theta_1)^\circ$

ஈட்டப்பட்ட வெப்பம் $(H) = (ms + m_1 - m)(\theta_4 - \theta_1)$

மின்னோட்டப் பாய்ச்சலால் நடந்த வேலை (W) $= Ect$ ஜூல்

வெப்பப் பொறியாற்றல் மாற்று $= \frac{W}{H}$

$$= \frac{Ect}{(ms + m_1 - m)(\theta_4 - \theta_1)}$$

முன்னெச்சரிக்கைகள்

(i) கலோரிமீட்டரை மரப் பெட்டிக்குள் வைத்துச் சோதனை செய்யவேண்டும்.

(ii) கலோரிமீட்டரின் வெளிப்பக்கம் நன்கு பளபளப்பாக இருக்கவேண்டும்.

(iii) நுட்பக்குறியுள்ள வெப்பமானி பயன்படுத்தப் பட வேண்டும்.

(iv) கதிர்வீச்சுத் திருத்தம் (radiation correction) செய்யப் பட வேண்டும்.

அட்டவணை I

தராசில் இடது தட்டில் பொருள்	தராசில் வலது தட்டில் எடை	திரும்பு தானங்கள்		நிலை தானம்	கணக்கிட்ட சரியான எடை
		இடது	வலது		
இல்லை	இல்லை				
கலோரி மீட்டர் + கலக்கி					(m கிரா)
	+.01 கிரா				
கலோரி மீட்டர் + கலக்கி + நீர்					(m_1 கிரா)
	+.01 கிரா				

அட்டவணை II

வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் சராசரி அளவு	(*E*)
அம்மீட்டர் காட்டும் சராசரி அளவு	(*C*)
மின்னோட்டம் செலுத்திய நேரம்	
ஆரம்ப வெப்பநிலை	(θ_1°C)
மிக உயர்ந்த இறுதி வெப்பநிலை	(θ_2°C)
அதே நேரம் குளிரச் செய்தபின் வெப்ப நிலை	(θ_3°C)
கதிர்வீச்சுக்காகத் திருத்தம் செய்யப்பட்ட பின் உயர்ந்த வெப்பநிலை	(θ_4°C)

38. கம்பிச் சுருளின் அச்சுக்கோட்டில் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்த வயலை அளத்தல்

(Measurement of Field along the Axis of a Circular Coil carrying Current)

நோக்கம்

ஒரு வட்ட வடிவமான கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டும் பாயும் போது அதன் அச்சுக்கோட்டில் ஏற்படும் காந்த வயலை விலகு காந்தமானி மூலம் அளந்து அதிலிருந்து புவிகாந்த வயலின் கிடை மட்டச் செறிவைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

விலகு காந்தமானி, 6–வோல்ட் மின்கல அடுக்கு, அம்மீட்டர், மின்தடைமாற்றி, மின்திசைமாற்றி, முளைச் சாவி, டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டரின் சுருள்வளையம், மரப் பலகையாலான கிடை மட்டப் பொருத்தி (wooden horizontal frame).

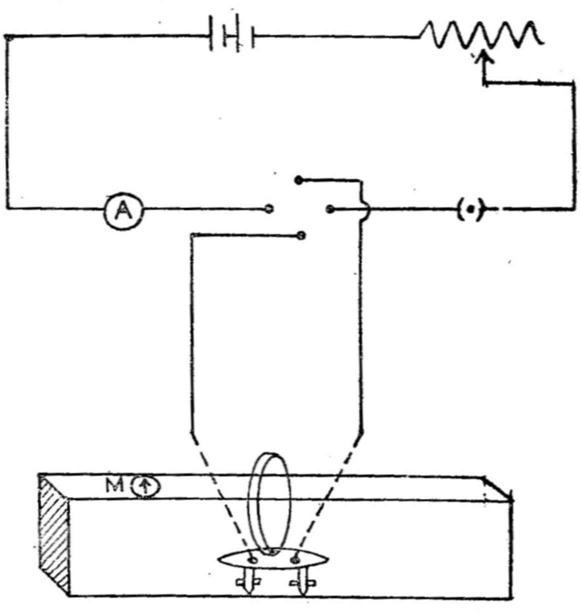
கருவியின் விளக்கம்

டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டரின் சுருள் வளையத்தை அதன் தளம் வடக்கு - தெற்காகப் புவிகாந்தத் திசைக்கிணையாக வைக்க

வேண்டும். பிறகு அதன் கீழ்ப்புறத்திலும் மேல்புறத்திலும் மரப் பலகையாலான கிடைமட்டப் பொருத்தியைப் படத்தில் காட்டிய படி இணைக்கவேண்டும். இப்பொருத்தியின் மேல் ஒரு விலகு காந்தமானியை வைத்தால் அதன் மையமும் கம்பிச் சுருளின் மையமும் கிடைமட்டமாக இருக்கவேண்டும். அதற்கேற்ப இக் கிடைமட்டப் பொருத்திகள் அமைந்திருக்கும். இப்பொருத்தியின் மேல் அரை மீட்டர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

செய்முறை

6-வோல்ட் மின்கலம், முளைச் சாவி, அம்மீட்டர், மின்தடை மாற்றி, வட்ட கம்பிச் சுருள் இவற்றைப் படத்தில் காட்டியபடி தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். கம்பிச் சுருளை இணைக்கும் போது மின் திசைமாற்றியுடன்கூட இணைக்கவேண்டும். கம்பிச்



சுருளின் செங்குத்துத் தளம் புவிகாந்த வடக்கு-தெற்கு திசையில் இருக்குமாறும் வைக்கவேண்டும். கிடைமட்ட மரப்பொருத்திகள் புவிகாந்த வடக்கு - தெற்கு கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக அமையு மாறு வைக்கவேண்டும். விலகு காந்தமானியை டேஞ்செண்ட் கால்வனுமீட்டர் கம்பிச் சுருளின் கீழ்ப்புறம் உள்ள மரப்பொருத் தியின் மேல் வைக்கவேண்டும். கம்பிச் சுருளின் மையத்திற்கும் விலகு காந்தமானியின் மையத்திற்கும் இடையே உள்ள தூரத்தை 10 சென்டிமீட்டராகத் திருத்தி யமைக்கவேண்டும். விலகு

காந்தமானியைப் பிறளாமல் சுழற்றி அதன் குறிமுள் சுழி விலகலைக் (0—0) காண்பிக்கச் செய்யவேண்டும். மின்தடை மாற்றியைச் சரிசெய்து, அம்மீட்டர் 0.4 ஆம்பியர் காண்பிக்கு மாறு செய்ய வேண்டும். விலகு காந்தமானி காட்டும் விலகலைக் (θ_1, θ_2) குறிக்க வேண்டும். திசைமாற்றியை மறுபுறம் திருப்பி முன்போல அளவுகளைக் (θ_3, θ_4) குறிக்கவேண்டும். இதே முறையில் விலகு காந்தமானியைக் கம்பிச் சுருளுக்கு மேல்புற முள்ள கரத்தில் அதே தொலைவில் வைத்து விலகல்களைக் குறிக்க வேண்டும் $(\theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8)$. இந்த எட்டு விலகல்களின் சராசரியே சரியான விலகலைக் குறிக்கும் (θ). இதே முறையில் சோதனையை மின்சுற்றில் மின்னோட்டத்தை முறையே 0.8 ஆம்பியர், 1 ஆம்பியர், 1·2 ஆம்பியராகச் செய்து திரும்பச் செய்யவேண்டும். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணையில் காட்டிய படி குறிக்கவும்.

சுருளின் அச்சுக்கோட்டில் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்த வயலின் செறிவு

$$F = \frac{2\pi nca^2}{10(a^2+x^2)^{3/2}}$$

என்ற சூத்திரம் மூலம் கணக்கிடலாம். இதில் n, கம்பிச் சுருளின் சுற்றுகளையும், a கம்பிச் சுருளின் ஆரத்தையும், x விலகு காந்த மானி மையத்திற்கும் சுருளின் மையத்திற்கும் இடையேயான தூரத்தையும், c மின்னோட்டத்தின் அளவையும் குறிக்கும். இந்த வயலின் செறிவு விலகு காந்தமானி உபயோகித்துக் கணக் கிட்டால் $F = \tan\theta$ ஆகும். இதில் H, புவிகாந்த வயலின் கிடை மட்டச் செறிவாகும். ஆகவே,

$$\frac{2\pi nca^2}{10(a^2+x^2)^{3/2}} = H\tan\theta$$

இதை உபயோகித்து H–ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

$$H = \frac{2\pi nca^2}{10\,(a^2+x^2)^{3/2}\tan\theta}$$

அம்மீட்டர் காட்டும் அளவு C	விலகு காந்தமானியின் தொலைவு x	விலகு காந்த மானியில் விலகல்								சராசரி θ	$\tan\theta$	$H = \frac{2\pi nc^2a^3}{10(a^2+x^2)^{3/2}\tan\theta}$
		காந்த மானி கிழ்க் கரத்தில்				காந்த மானி மேற் கரத்தில்						
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8			
0.4												
0.6												
0.8												
1.0												
1.2												
1.4												

கம்பிச் சுருளின் ஆரம் = ... (a செமீ)
கம்பிச் சுருளில் சுற்றுகள் = ...(n)

39. மின்னழுத்த மானி — இரு கலன்களின் மின்இயக்கு விசைகளை ஒப்பிடல்

(Potentiometer—Comparison of E. M. F. of Two Cells)

நோக்கம்

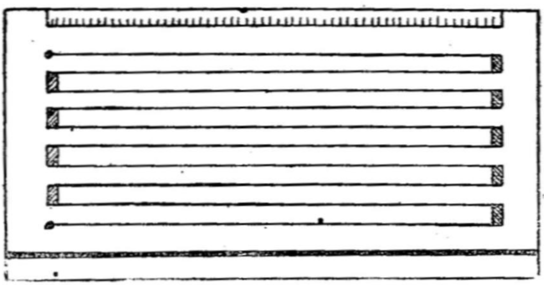
இரு மின்கலன்களின் மின்இயக்கு விசைகளை மின்னழுத்த மானி மூலம் ஒப்பிடல்.

தேவையான கருவிகள்

மின்னழுத்த மானி (10 கம்பிகள் கொண்டது), 2- வோல்ட் பாட்டரி, டேனியல் கலம், லெக்லான்சி கலம், மின்தடை மாற்றி, மேசை கால்வனாமீட்டர், முளைச் சாவி, உயர் மின்தடை.

கருவி விளக்கம்

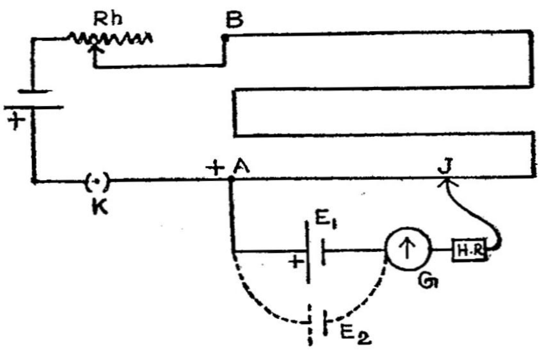
மின்னழுத்த மானி ஒரே சீரான தடிப்புள்ளதும், குறைந்த மின்தடை வெப்பநிலை எண் உள்ளதுமான 1000 சென்டிமீட்டர் நீளமுள்ள கம்பியாலானது. இந்தக் கம்பி கான்ஸ்டன்டன் அல்லது ஜெர்மன் ஸில்வர் கம்பியாக இருக்கும். இந்தக் கம்பியைச் சுமார் 120 செமீ நீளமுள்ள மரப்பலகையின்மீது பத்து வரிசைகளாக அமையும்படி இழுத்துப் படத்தில் காட்டியபடி பொருத்தப் பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு வரிசையும் திருத்தமாக 100 செமீ நீளம் இருக்கவேண்டும். கம்பியின் துவக்க முனையிலும் இறுதி முனையிலும் திருகுகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். முதல் வரிசைக் கம்பி அருகே ஒரு மீட்டர் அளவுகோல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கடைசி வரிசைக் கம்பி அருகில் ஒரு நிக்கல் முலாம் பூசப்பட்ட பித்தளைத் தண்டு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இத் தண்டின்மீது ஜாக்கி என்று சொல்லப்படும் உலோகத்திலைான பட்டை வைக்கப்பட்டிருக்கும். இப்பட்டையை இத் தண்டின்மீது ஓர் ஓரத்திலிருந்து மறு ஓரம்வரை நகர்த்தமுடியும். இப்பட்டையில் வில் பித்தளையால் செய்யப்பட்ட பத்துத் தொடுகோடுகள் இணைந்திருக்கும். ஒவ்வொரு வில் பித்தளையையும் அழுத்திஞல் ஒவ்வொரு வரிசைக் கம்பியைத் தொடுமாறு அமைந்திருக்கும். ஆகவே, ஜாக்கியை நகர்த்தி இந்த வில் பித்தளைத் தொடு கோடுகள் மூலம் கம்பியின் எந்தப் பாகத்திலும் மின்னிணைப்பு இருக்குமாறு செய்யலாம்.



செய்முறை

சரியாக 2 வோல்ட் காண்பிக்கும் பாட்டரி, முனைச் சாவி, மின் தடை மாற்றி, மின்னழுத்த மானி இவற்றைப் பக்கம் 122-லுள்ள படத்தில் காட்டியபடி தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். இவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட மின்சுற்றுக்கு முதன்மைச் சுற்று (primary circuit) என்று பெயர். பாட்டரியின் நேர்மின் முனை கம்பியின் எந்த நுனியில் இணைக்கப் பெற்றிருக்கிறதோ அதை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனை என்று கொள்ளவேண்டும்.

டேனியல் கலத்தின் நேர்மின் முனையை (செப்புப் பாத்திரம்) மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையில் இணைக்கவேண்டும். டேனியல் கலத்தின் எதிர்மின் முனையை ஒரு மேசை கால்வனு மீட்டர், உயர் மின்தடை இவை மூலம் மின்னழுத்தமானியின் ஜாக்கியுடன் இணைக்கவேண்டும். இந்த மின்சுற்று துணைச் சுற்று (secondary circuit) எனப்படும். முளைச் சாவியைப் பொருத்தி மின்தடைமாற்றியை சுமார் பாதி அளவில் வைக்கவேண்டும். உயர் மின்தடையில் பொருத்தியை எடுத்துவிட்டு ஜாக்கியை நகர்த்திக் கம்பியில் எப்பாகத்தில் அழுத்தினுல் கால்வனுமீட்டரில் சுழிவிலகல் இருக்கிறது என்பதைக் காணவேண்டும். இந்தச் சரியீட்டு இடத்தை (balancing point) உயர் மின்தடையில் பொருத்தியை வைத்து மறுபடி நுணுக்கமாகக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இந்தச் சரியீட்டு புள்ளியின் தூரத்தை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையிலிருந்து அளக்கவேண்டும் (l_1 செமீ). டேனியல் கலத்தை அப்புறப்படுத்தி அதன் இடத்தில் லெக்லான்சி கலத்தை வைத்து மேல் குறிப்பிட்டபடி முதன்மைச் சுற்றில் மின்னேட்டத்தை மாற்ருமல் சரியீட்டு நீளத்தைக் காண வேண்டும் (l_2 செமீ). இச்சோதனையை மின்தடைமாற்றிமூலம் முதன்மைச் சுற்றில் மின்னேட்டத்தை மாற்றிப் பலதடவைகள் செய்யவேண்டும். அவ்வாறு செய்யும்போது ஒரு மின்னேட்டத் திற்கானச் சரியீட்டு நீளங்களை டேனியல், லெக்லான்சி கலங் களைக்கொண்டு கண்டபிறகேதான் மின்னேட்டத்தை மாற்ற வேண்டும்.



E_1 என்பது டேனியல் கலத்தின் மின் இயக்கச் சக்தியாகவும் E_2 என்பது லெக்லான்சி கலத்தின் மின்இயக்கச் சக்தியாகவும் கொள்வோம். முதன்மைச் சுற்றில் மின்னேட்டம் i ஆம்பியராக வும், r என்பது மின்னழுத்த மானியின் 1 செமீ நீளத்தின் மின் தடையுமாக இருந்தால்

$$E_1 = l_1 r i$$
$$E_2 = l_2 r i$$

ஆகவே, $E_1/E_2 = l_1/l_2$. இச்சூத்திரத்தை உபயோகித்து மின் இயக்க விசைகளை ஒப்பிடலாம்.

வரிசை எண்	சரியீட்டு நீளம்		$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}$
	டேனியல் கலம் l_1 செமீ	லெக்லான்சி கலம் l_2 செமீ	
1			
2			
3			
4			
5			
6			

சராசரி =.........

40. மின்னழுத்த மானி—மின்கலத்தின் உள் மின்தடை (Potentiometer—Internal Resistance of a Cell)

நோக்கம்

ஒரு மின்கலத்தின் உள் மின்தடையைக் காணல்.

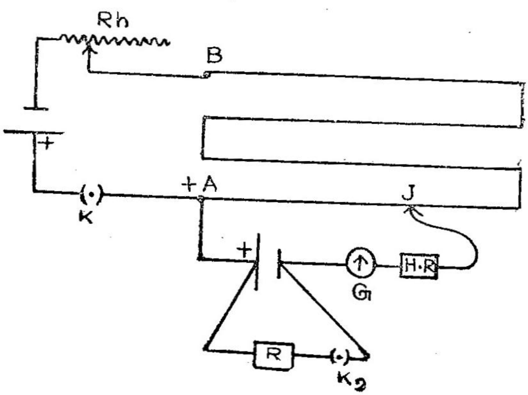
தேவையான கருவிகள்

2-வோல்ட் பாட்டரி, மின்னழுத்த மானி. மூளைச் சாவி, மின் தடைமாற்றி, மின்தடைப் பெட்டி, மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை.

செய்முறை

2-வோல்ட் பாட்டரி, மின்னழுத்த மானி, மூளைச் சாவி, மின்தடை மாற்றி இவற்றைத் தொடர்ச்சியாகப் படத்தில் காட்டியபடி இணைத்து முதன்மைச் சுற்றை அமைக்கவும். கொடுத்

திருக்கும் மின்கலத்தின் நேர்மின்முனையை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கவும். மின்கலத்தின் எதிர் மின் முனையை மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை இவற்றுடன் ஜாக்கியில் இணைக்கவேண்டும். இது துணைச் சுற்ருகும். பிறகு மின்கலத்திற்கு இணையாக ஒரு மின்தடைப் பெட்டியை முளைச் சாவியுடன் (K_2) இணைக்கவும். மேலே விவரித்தபடி மின்சுற்று இணைப்பை முடித்து முளைச் சாவி K_2...ல்பொருத்தியை எடுத்து விட வேண்டும். முளைச் சாவி K_1...ல் பொருத்தியை வைத்து ஜாக்கியைத் தகுந்தபடி நகர்த்திச் சரியீட்டு புள்ளியைக் காண வேண்டும். உயர் மின்தடையில் பொருத்தியை வைத்து இச்சரியீட்டு புள்ளியை நுட்பமாகக் காணவேண்டும். இதன் தூரத்தை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையிலிருந்து அளந்து சரியீட்டு நீளத்தைக் குறிக்கவும் (l_1 செமீ). பிறகு மின்கலத்திற்கு இணையாக இணைக்கப் பெற்றிருக்கும் மின்தடைப் பெட்டியில் 5 ஓம் மின் தடை எடுத்து முளைச் சாவி K_2-ல் பொருத்தியை வைக்கவேண்டும். இப்பொழுது மறுபடி ஜாக்கியைத் தகுந்தபடி நகர்த்திச் சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும் (l_2 செமீ). இந்த நீளம் முதலில் கண்ட நீளத்தைவிடக் குறைவாக இருக்கும். இதே மாதிரியாக மின் தடைப் பெட்டியில், 10, 15, 20, 25 ... ஓம்கள் என முறையே எடுத்து அவைகளுக்குண்டான சரியீட்டு நீளங்களைக் குறித்து அட்டவணைப் படுத்தவேண்டும்.



E மின்கலத்தின் மின்இயக்கு விசையைக் குறித்தால் சோதனையின் முதல் பகுதியில் சரியீட்டு நீளம் (l_1 செமீ.) காணும் பொழுது $E \propto l_1$ ஆகும். B மின்கலத்தின் உள் மின்தடை (internal resistance) ஆனல் K_2–ஐ மூடிச் சரியீட்டு நீளம் காணும்போது (l_2 செமீ)

$$\frac{E\ R}{(R+B)} \propto l_2$$

$$\therefore \quad \frac{E}{\frac{ER}{R+B}} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\therefore \quad \frac{R+B}{R} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\frac{B}{R} = \frac{(l_1 - l_2)}{l_2}$$

$$B = \frac{R(l_1 - l_2)}{l_2}$$

இந்தச் சூத்திரத்தைக் கொண்டு R வெவ்வேறு மதிப்பாக இருக்கும்போது B-ஐக் கணக்கிடவேண்டும். B-ன் மதிப்பு R-ன் மதிப்பை ஒத்து மாறும் என்றும் அது மாறிலி இல்லை என்பதையும் சோதனைமூலம் அறியலாம்.

K_2 திறந்திருக்கும் போது சரியீட்டு நீளம் = ...(l_1 செமீ.

வரிசை எண்	பக்க இணைப்பில் மின்தடை R ஓம்	சரியீட்டு நீளம் (l_2 செமீ)	உள் மின்தடை (B) $B = R(l_1 - l_2)/l_2$

41. மின்னழுத்த மானி—மின்தடைகளை ஒப்பிடுதல்

(Potentiometer — Comparison of Resistances)

நோக்கம்

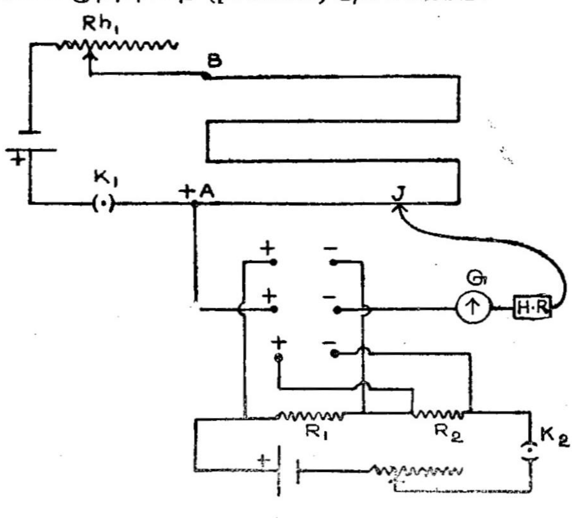
மின்னழுத்த மானி கொண்டு இரு மின்தடைகளை ஒப்பிடுதல்.

தேவையான கருவிகள்

மின்னழுத்த மானி, 2–வோல்ட் பாட்டரி, இரண்டு மின் தடை மாற்றிகள், மேசை கால்வனாமீட்டர், உயர் மின்தடை, ஒப்பிடவேண்டிய மின்தடைகள், இரு முனைச் சாவிகள், நைப் ஸ்விட்ச் (இருமுனை இரு எறிச்சாவி).

செய்முறை

ஒரு 2–வோல்ட் பாட்டரி, மின்னழுத்த மானி, மின்தடை மாற்றி, முளைச் சாவி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைத்து முதன்மைச் சுற்றை (primary circuit) அமைக்கவேண்டும். மற்றொரு பாட்டரி, மின் தடைமாற்றி ஒப்பிடவேண்டிய இரு மின் தடைகள், முளைச்சாவி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைத்துத் துணைச்சுற்றை அமைக்கவேண்டும். ஒரு நைப் ஸ்விட்ச் என்று சொல்லப்படும் இரு முனை இரு எறிச்சாவி மூலம் துணைச் சுற்றை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனைக்கும் ஜாக்கிக்குமிடையில் படத்தில் காட்டியபடி பிணைக்கவேண்டும். அதைப் பின்வருமாறு செய்யவேண்டும். ஒப்பிட வேண்டிய மின்தடைகளில் ஒன்றின் நேர்மின் முனை, மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனை, ஒப்பிட வேண்டிய மற்றொரு மின்தடையின் நேர்மின் முனை ஆகியவற்றை நைப் ஸ்விட்சின் ஒருபுறம் இருக்கும் மூன்று திருகுகளில் முறையே திருகுக்கு ஒன்றாக இணைக்கவேண்டும். அதேமாதிரி யில் ஒப்பிட இருக்கும் முதல் மின்தடையின் எதிர்மின் முனை, மேசை கால்வனுமீட்டர் ஒப்பிட இருக்கும் இரண்டாவது மின் தடையின் எதிர்மின் முனை ஆகியவற்றை நைப் ஸ்விட்சின் மறுபுறம் இருக்கும் மூன்று திருகுகளில் அதே முறைப்படி திருகுக்கு ஒன்றாக இணைக்கவேண்டும். கால்வனுமீட்டரின் மறுமுனையை உயர் மின்தடைமூலம் ஜாக்கியுடன் இணைக்க வேண்டும். நைப் ஸ்விட்சில் உள்ள எறியை ஒருபுறம் தள்ளினுல் ஒப்பிடவேண்டிய முதல் மின்தடைக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தத்தை மின்னழுத்த மானி கொண்டு அளக்கலாம். அதே மாதிரி எறியை மறுபுறம் தள்ளினுல் இரண்டாவது மின்தடைக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தத்தை (potential) அளக்கலாம்.



சோதனை ஆரம்பத்தில் முதன்மைச் சுற்றில் முளைச் சாவியில் பொருத்தியை வைத்து மின்னழுத்த மானியில் மின்னோட்டத்தைத் துவக்கவேண்டும். பிறகு துணைச்சுற்றில் உள்ள முளைச் சாவியில் (K_2) பொருத்தியை வைத்து மின்னோட்டத்தைத் தொடக்கவேண்டும். மின்சுற்றுகளில் உள்ள மின்தடைமாற்றிகளை உபயோகித்து மின்னோட்டத்தை வேண்டியவாறு சரி செய்து கொள்ளலாம். இருமுனை இரு எறிச்சாவியை ஒருபுறம் தள்ளவேண்டும். ஜாக்கியை நகர்த்தி சரியீட்டு புள்ளியைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். உயர் மின்தடையில் பொருத்தியை வைத்து மூடி மறுபடி நுட்பமாக இப்புள்ளியைக் கண்டு சரியீட்டு நீளத்தை அளக்கவேண்டும். (l_1 செமீ). மின்னோட்டத்தை மாற்றாமல் அதாவது மின்தடை மாற்றிகளைத் தொடாமல் எறிச்சாவியை மறுபுறம் தள்ளி இதே முறையில் சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும் (l_2 செமீ). R_1, R_2 என்பவை ஒப்பிடவேண்டிய மின் தடைகளின் மதிப்பானால் $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$ ஆகும். சோதனையை முதன்மை மின் சுற்றிலோ அல்லது துணை மின்சுற்றிலோ மின்னோட்டத்தை மாற்றிப் பல முறைகள் திரும்பச் செய்யலாம். அப்படிச் செய்யும்போது ஒரே மின்னோட்டத்திற்கு l_1, l_2-ஐக் கண்ட பிறகே மின்னோட்டம் மாற்றப்படவேண்டும். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணைப்படுத்தி $\frac{R_1}{R_2}$-ன் சராசரி மதிப்பைக் காணவேண்டும்.

அட்டவணை

வரிசை எண்	சரியீட்டு நீளங்கள்		$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$
	மின்தடை R_1க்கு (l_1 செமீ)	மின்தடை R_2க்கு (l_2 செமீ)	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

சராசரி

42. மின்னழுத்த மானி—அம்மீட்டர் அளவுத் திருத்தம்

(Potentiometer—Ammeter Calibration)

நோக்கம்

மின்னழுத்த மானி மூலம் ஒரு மின் சுற்றில் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிட்டு அதன்மூலம் அம்மீட்டரை அளவுத் திருத்தம் செய்தல்.

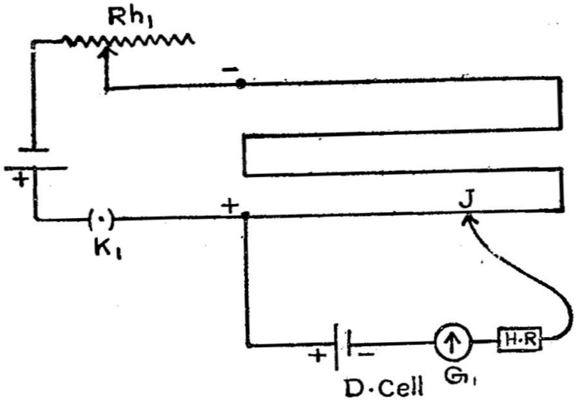
தேவையான கருவிகள்

மின்னழுத்த மானி, 2-வோல்ட் பாட்டரி, முனைச் சாவிகள், இரண்டு மின்தடைமாற்றிகள், டேனியல் கலம், மேசை கால்வனு மீட்டர், உயர் மின்தடை, தரமிடப்பட்ட ஓர் ஓம் மின்தடை (standard one ohm).

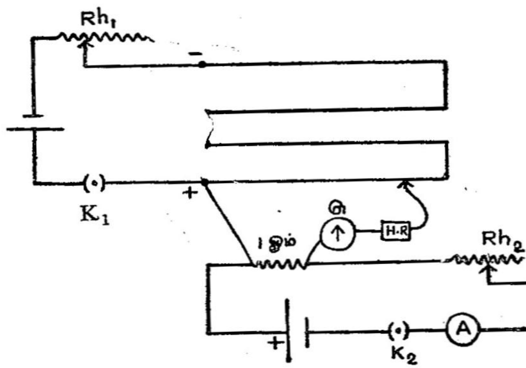
செய்முறை

சோதனையை இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். முன்பகுதியில் டேனியல் கலம் உபயோகித்து மின்னழுத்த மானியில் ஒரு சென்டி மீட்டர் நீளத்துக்கான மின்னழுத்த இறக்கத்தைக் காண வேண்டும். இதற்காகப் படம் (அ)ல் காட்டியபடி இணைப்புகள் செய்யவேண்டும். 2-வோல்ட் பாட்டரி, மின்னழுத்த மானி, மின்தடைமாற்றி, முனைச் சாவி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைத்து முதன்மைச் சுற்றை (primary circuit) அமைக்க வேண்டும். டேனியல் கலத்தின் நேர்மின் முனையை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கவேண்டும். டேனியல் கலத்தின் எதிர்மின் முனையை மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின் தடை இவற்றுடன் தொடர்ச்சியாக இணைத்து ஜாக்கியுடன் பொருத்தவேண்டும். இது துணைச் சுற்றாகும் (secondary circuit). ஜாக்கியைத் தகுந்தபடி நகர்த்தி, அழுத்திச் சரியீட்டு புள்ளியைக் காணவேண்டும். உயர் மின்தடையில் பொருத்தியை வைத்து மறுபடி நுட்பமாக இதைக் காணவேண்டும். இதன்மூலம் சரியீட்டு நீளத்தை அளக்கவேண்டும் (l செமீ). ஆகவே, மின்னழுத்த மானியில் ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்துக்கு இடையே உள்ள மின்னழுத்த இறக்கம் $\frac{1.08}{l}$ வோல்ட் ஆகும். (டேனியல் கலத்தின் மின் இயக்கு விசை 1.08 வோல்ட் என்ற கணக்குப்படி), சோதனையின் இரண்டாவது பகுதியில் டேனியல் கலத்தை அப்புறப்படுத்தி விடவேண்டும். மற்றொரு 2-வோல்ட் பாட்டரி, ஓர் ஓம் தரமிடப்பட்ட மின்தடை, மின்தடைமாற்றி, திருத்தம் செய்யப்பட வேண்டிய அம்மீட்டர், முனைச் சாவி இவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைத்துப் படம் (ஆ)-ல் காட்டியபடி அமைக்க

வேண்டும். தரமிடப்பட்ட ஓர் ஓமின் நேர்மின் முனையை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனைக்கு இணைக்கவேண்டும்.



(அ)



(ஆ)

எதிர்மின் முனையை கால்வனுமீட்டர் வழியே ஜாக்கியுடன் இணைக்கவேண்டும். இப்படி மாற்றி இணைக்கும்போது முதன்மைச் சுற்றில் ஒருவித மாறுதலையும் செய்யக் கூடாது. இப்போது துணைச் சுற்றிலுள்ள மின்தடைமாற்றியை உபயோகித்து அம்மீட்டர் 0.1 ஆம்பியர் காண்பிக்குமாறு செய்யவேண்டும். இந்த நிலையில் ஜாக்கியை நகர்த்தி முன் விவரித்ததுபோல் சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும் (l' செமீ). இதேமுறையில் அம்மீட்டர் காட்டும் அளவை 0.2, 0.3, 0.4 ...... 1 ஆம்பியராகச் சரி செய்து முறையே அவற்றிற்கான சரியீட்டு நீளங்களை அட்டவணையில் குறிக்கவேண்டும்.

துணைச் சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டம் i ஆம்பியர் ஆனல் தரமிடப்பட்ட மின்தடைக்கு இடையேயான மின்னழுத்தம் $i \times 1$ வோல்ட் ஆகும். மின்னழுத்தமானி மூலம் கணக்கிட்டால் இது $\left(\frac{1.08}{l}\right) l'$ ஆகும்.

$$\therefore i = \left(\frac{1.08}{l}\right) l'$$

இவ்வாறு கணக்கிட்ட மின்னோட்டம் அம்மீட்டர் காட்டும் அளவுடன் ஒத்திருக்கவேண்டும். அப்படி யில்லாவிட்டால் மாற்றத்தைக் கண்டுபிடித்து அதை அம்மீட்டர் காட்டும் அளவுக்குத் திருத்தமாகக் கொள்ளவேண்டும்.

குறிப்பு: தரமிடப்பட்ட மின்தடை 1 ஓமுக்குப் பதிலாகப் பொதுவாக r ஓம் என இருப்பின்

$$i = \left(\frac{1.08}{l}\right)\frac{l'}{r} \text{ ஆகும்.}$$

காட்சிப் பதிவுகள்

டேனியல் கலத்தின் மின் இயக்கு விசை = 1.08 வோல்ட்

முதற்பகுதிச் சோதனையில் சரியீட்டு நீளம் = ... (l செமீ)

வரிசை எண்	அம்மீட்டர் காட்டும் அளவு	சரியீட்டு நீளம் (l' செமீ)	கணக்கிட்ட மின்னோட்டளவு $\left(\frac{1.08}{l}\right) l'$	திருத்தம்

43. மின்னழுத்த மானி — குறைந்த அளவு காட்டுவதற்கான வோல்ட்மீட்டரை அளவுத் திருத்தம் செய்தல்

(Potentiometer—Calibration of Low Range Vo tmeter)

நோக்கம்

மின்னழுத்த மானி மூலம் குறைந்த அளவுகள் குறியிடப்பட்ட வோல்ட்மீட்டரை அளவுத் திருத்தம் செய்தல்.

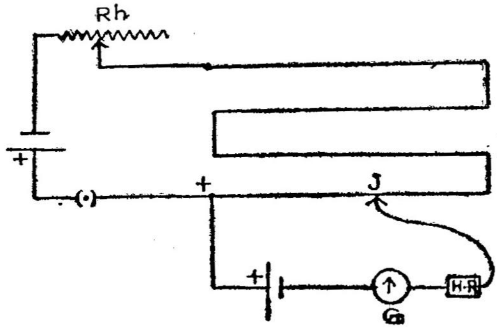
தேவையான கருவிகள்

மின்னழுத்த மானி, மின்தடைமாற்றி, டேனியல் கலம், 2-வோல்ட் பாட்டரி, மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை, 0 – 2V அளவுள்ள வோல்ட்மீட்டர், முனைச் சாவி.

செய்முறை

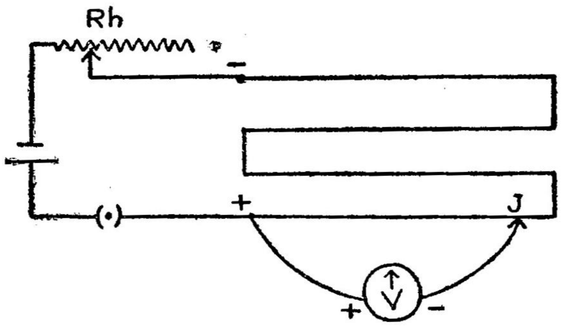
சோதனையை இரு பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதற் பாகத்தில் மின்னழுத்த மானியில் ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்துக்கு $\frac{1}{600}$ வோல்ட் மின்னழுத்த இறக்கமாகத் தரமிடப்படவேண்டும். இதற்கு 1.08 வோல்ட் மின்இயக்கு விசை உள்ள டேனியல் கலத்தைப் பயன்படுத்தவேண்டும். இதற்கான மின்னிணைப்புகள் அடுத்த பக்கத்திலுள்ள படம் (அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. 2–வோல்ட் பாட்டரி, மின்தடைமாற்றி, முனைச் சாவி, மின்னழுத்த மானி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். டேனியல் கலத்தின் நேர்மின் முனையை (positive pole) மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கவேண்டும். டேனியல் கலத்தின் எதிர்மின் முனையை மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை இவற்றின் மூலம் ஜாக்கிக்கு இணைக்கவேண்டும். ஜாக்கியை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையிலிருந்து 648 செமீ தொலைவில் வைத்து அழுத்த வேண்டும். கால்வனுமீட்டரில் விலகல் காணப்படும். முதன்மைச் சுற்றில் உள்ள மின்தடை மாற்றியைச் சரிசெய்து கால்வனுமீட்டரில் சுழிவிலகல் (null deflection) இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். உயர் மின்தடையில் பொருத்தியை வைத்து மறுபடியும் நுட்பமாகச் சரிசெய்ய வேண்டும். இந்த நிலையில் 648 செமீ நீளத்திற்கு இடையேயான மின்னழுத்த இறக்கம் டேனியல் கலத்தின் மின்இயக்க விசைக்குச் சமம். அதாவது 1.08 வோல்ட்க்குச் சமம். எனவே, ஒரு சென்டிமீட்டர் நீளத்தில் மின்னழுத்த இறக்கம், $\frac{1.08}{648} = \frac{1}{600}$ வோல்ட் என ஆகிறது.

சோதனையின் இரண்டாம் பகுதியில் டேனியல் கலம், மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை இவற்றை மட்டும் அப்புறப் படுத்திவிட்டு அதற்குப் பதிலாக வோல்ட்மீட்டரின் நேர்மின் முனையை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனைக்கும் வோல்ட் மீட்டரின் எதிர்மின் முனையை ஜாக்கியுடனும் படம் (ஆ)-வில்



(அ)

காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும். எக்காரணம் கொண்டும் முதன் மைச்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தை மாற்றக்கூடாது. ஜாக்கியை



(ஆ)

மின்னழுத்த மானிமேல் நகர்த்தி, அழுத்தி, வோல்ட்மீட்டர் முறையே 0.1, 0.2, 0.3, ... 1.5 வோல்ட் காண்பிக்குமாறு செய்யவேண்டும். அந்த அந்த நிலையிலே மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையிலிருந்து ஜாக்கி வரையான தொலைவை அளந்து அட்டவணையில் குறிக்கவேண்டும். l என்பது அப்படியாக உள்ள ஒரு நீளத்தைக் குறித்தால் அதற்கொப்ப மின்னழுத்த இறக்கம் $\frac{l}{600}$ வோல்ட் ஆகும். இந்தக் கணக்கிட்ட மின்னழுத்தத்துடன் வோல்ட்மீட்டர் காட்டும் அளவை ஒப்பிடவேண்டும். வித்தியாசம் இருந்தால் வோல்ட்மீட்டர் அளவுக்குத் திருத்தம் காண வேண்டும்.

வரிசை எண்	வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவு (வோல்ட்)	மின்னழுத்த மானியில் அதற் கொப்ப நீளம் (l செமீ)	கணக்கிடப் பட்ட மின் அழுத்தம் $l/600$	திருத்தம் + அல்லது —

44. ஆடி கால்வனுமீட்டர்—மின்னேட்ட உணர்வு நுட்பம் (Mirror Galvanometer)

நோக்கம்

ஆடி கால்வனுமீட்டர் அல்லது இயங்கு சுருள் கால்வனு மீட்டரின் மின்தடையைக் கண்டு அதன் மின்னேட்ட உணர்வு நுட்பம் (figure of merit) காணல்.

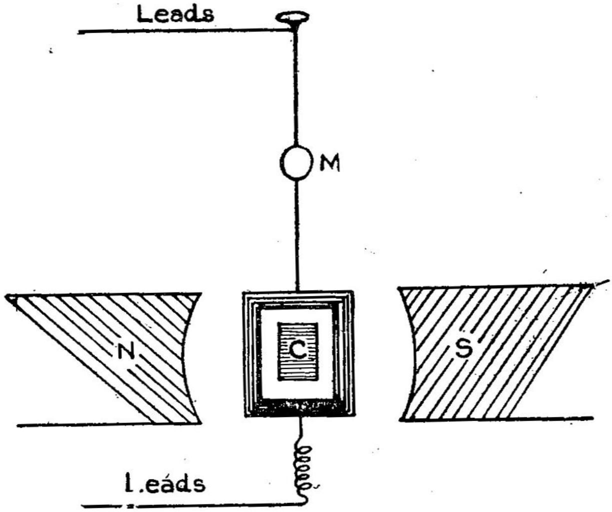
தேவையான கருவிகள்

2-வோல்ட் பாட்டரி, முளைச் சாவி, மூன்று மின்தடைப் பெட்டிகள், ஆடி கால்வனுமீட்டர், மின்திசைமாற்றி.

கருவி விளக்கம்

இக்கால்வனுமீட்டரில் மிகத் திறனுடைய லாட காந்தம் உள்ளது. அதன் துருவங்களுக்கு இடையே உள்ள குறுகிய இடைவெளியில் ஒரு செப்புப் பட்டகத்தின்மேல் சுற்றப் பெற்றிருக்கும் மெல்லிய கம்பிச் சுருள் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். தொங்குகம்பி பாஸ்ஃபர் பிரான்ஸ் பட்டையால் ஆனது. கம்பிச் சுருளின் அடிநுனியில் பாஸ்ஃபர் பிரான்ஸ் ஸ்பிரிங் சுருள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதில் மின்னேட்டம் தொங்குகம்பி வழியே செலுத்தப்பட்டு ஸ்பிரிங் வழியே வெளிவரும். இதற்கான வழிக்கம்பிகள் (ieads) கால்வனுமீட்டரில் திருகு முனைகளில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கம்பிச் சுருளின் மையத்தில் அதைத் தொடாதபடி ஒரு சிறிய தேனிரும்பு உருளை வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதன்மூலம் எப்போதும் காந்தவயல் செவ்வக நீளப் பக்கங் களுக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். ஒரு சிறிய குவி ஆடி தொங்கு

கம்பியில் செவ்வகப் பட்டைக்குச் சற்று மேலாகப் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். கால்வனுமீட்டருக்கு ஒரு மீட்டர் தூரத்தில் இருக்கும் ஒரு விளக்கிலிருந்து ஒளிக்கற்றை இக்குவி ஆடியில்

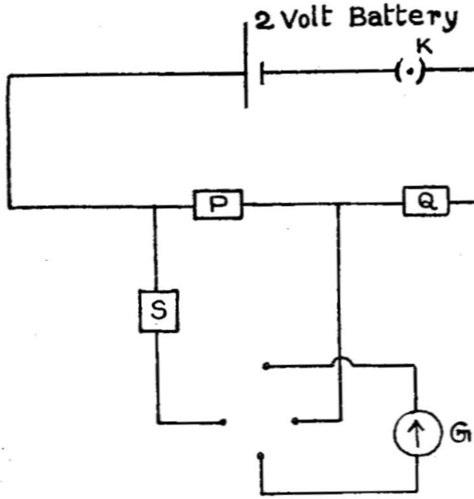


விழுந்து எதிரொளித்து விளக்கிற்குச் சற்று மேலே கிடையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும் கண்ணுடி அளவுகோலில் விழும். கம்பிச் சுருள் காந்த இடைவெளியிலே விலகினுல் ஒளிப் பொட்டு இந்த அளவுகோலின் பிரிவுகளின்மேல் நகரும். இது மையச் சுழியி லிருந்து இடதுபுறமோ வலதுபுறமோ எவ்வளவு விலகல் என்று அளவுகோலில் பார்க்கலாம். இம்மாதிரியான கால்வனுமீட்டரில் செவ்வகப் பட்டை உலோகத்தினுல் ஆனதால் விரைவிலேயே நிலைத்து நிற்கும். இம்மாதிரியான கால்வனுமீட்டருக்கு அலைவு காட்டா (aperiodic) கால்வனுமீட்டர் என்று பெயர். விவரிக்கப் பட்ட கால்வனுமீட்டரைத் தொங்குசுருள் (suspended coil) கால் வனுமீட்டர் என்றும் இயங்கு சுருள் (moving coil) கால்வனுமீட்டர் என்றும் சொல்லலாம்.

செய்முறை

ஒரு 2-வோல்ட் பாட்டரி, P, Q என்ற இரு மின்தடைப் பெட்டிகள், ஒரு முளைச் சாவி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். P-க்கு இணையாகக் கால்வனுமீட்டரை ஒரு மின்திசைமாற்றியுடன்கூட இணைக்கவேண்டும். இதே மின் சுற்றில் மின்தடைப் பெட்டி S-ஐயும் படத்தில் காட்டியபடி சேர்க்க வேண்டும். சோதனை ஆரம்பத்தில் S-ல் சுழி மின்தடையாக வைத்துக் கொள்ளவேண்டும். P-ல் 1 ஓம், Q-ல் 9999 ஓம்களாக

எடுத்து முளைச் சாவியை மூடி மின்னோட்டத்தைத் துவக்க வேண்டும். அளவுகோலில் ஒளிப் பொட்டு (spot of light) வலது அல்லது இடப்புறம் எவ்வளவு நகர்கிறது என்பதைக் குறிக்க வேண்டும் (d செமீ). பிறகு மின்தடைப் பெட்டி S-ல் சிறிய



அளவுகளில் மின்தடையை எடுத்து விலகல் தூரம் $\left(\frac{d}{2}\right)$ - ஆக அதாவது முதல் விலகல் தூரத்தில் பாதி ஆகுமாறு செய்ய வேண்டும். S-ல் எடுக்கப்பட்டிருக்கும் மின்தடை கால்வனுமீட்டரின் மின்தடை ஆகும். இதேமுறையில் விலகல் மறுபுறம் இருக்குமாறு மின்திசைமாற்றி கொண்டு செய்து கால்வனுமீட்டரின் மின்தடையைக் காணவேண்டும். இந்த இரண்டு மதிப்புகளின் சராசரியைக் காணல் வேண்டும். மேல் விவரித்த சோதனையை P-ல் 2, Q-ல் 9998; P-ல் 3, Q-ல் 9997 என்றவாறு அமைத்துத் திரும்பச் செய்யலாம்.

காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணை I-ல் காட்டியபடி குறிக்க வேண்டும்.

சோதனை இரண்டாவது பகுதியில் மின்னிணைப்புகளை மாற்றாமல் P-ல் 1 ஓம், Q-ல் 9999 ஓம்கள் என வைத்து மின்தடைப் பெட்டி S-ல் முறையே 20, 40, 60, 80, 100 ஓம் என்ற முறையில் மின்தடைகளை எடுத்து அதற்கான விலகல்களை அட்டவணை II-ல் காட்டியபடி குறிக்கவேண்டும். அட்டவணை II-ல் கடைசிப் பத்தியில் $(S+g)\theta$-ன் மதிப்பு மாறிலியாக இருப்பதைக்

காணலாம். இதன் சராசரி மதிப்பைக் கீழ்க்கண்ட சூத்திரத்திலிட்டு மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பத்தைக் கணக்கிடலாம்.

மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம்

$$= \frac{EP}{(P+Q)\ (S+g)\theta} \text{ ஆம்பியர்/செமீ}$$

இதில் E பாட்டரியின் மின்இயக்கு விசையைக் குறிக்கும். அதை 2 வோல்டாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பத்தைக் கால்வனாமீட்டர் மின்தடையால் பெருக்கி வந்த மதிப்பு கால்வனாமீட்டர் மின்னழுத்த உணர்வு நுட்பத்தைக் (voltage sensitiveness) குறிக்கும்.

அட்டவணை I

வரிசை எண்	P-ல் மின் தடை	Q-ல் மின் தடை	ஒளிப் பொட்டு விலகல் வலப் பக்கம்	ஒளிப் பொட்டு விலகல் இடப் பக்கம்	விலகல்பாதியாக S-ல் மின் தடை		சராசரி
					வலப் பக்கம்	இடப் பக்கம்	
1	1	9999					
2	2	9998					
3	3	9997					
4	4	9996					

சராசரி (g) = ...

அட்டவணை II

வரிசை எண்	P	Q	S	விலகல்		சராசரி θ	$(S+g)\theta$
				வலப் பக்கம் θ_1	இடப் பக்கம் θ_2		
1							
2							
3							
4							
5							
6							

சராசரி =

$$\text{மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம்} = \frac{EP}{(P+Q)\ (S+g)\theta}$$

45. வெப்பமின் இரட்டையின் மின்இயக்கு விசை — ஆடி கால்வனுமீட்டர் மூலம்

(Thermo e.m.f. — Using Mirror Galvanometer)

நோக்கம்

ஆடி அல்லது இயங்கு சுருள் கால்வனுமீட்டரை உபயோகித்து ஒரு வெப்பமின் இரட்டையின் மின்இயக்கு விசையை நேர் விலகல் (direct deflection) முறையில் காணல்.

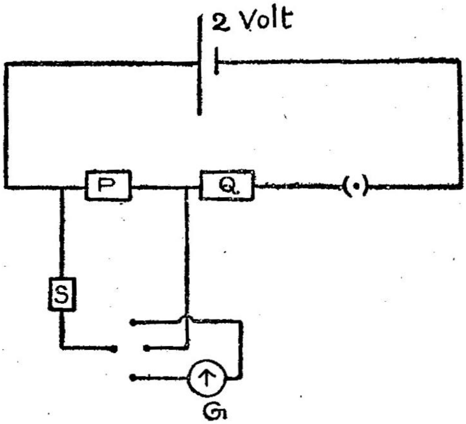
தேவையான கருவிகள்

ஒரு வெப்பமின் இரட்டை (thermocouple), ஆடி கால்வனுமீட்டர், 2-வோல்ட் பாட்டரி, முளைச் சாவி, மூன்று மின்தடைப் பெட்டிகள், மின்திசைமாற்றி, நீர்த் தொட்டி, வெப்பமானி, புன்சன் விளக்கு.

செய்முறை

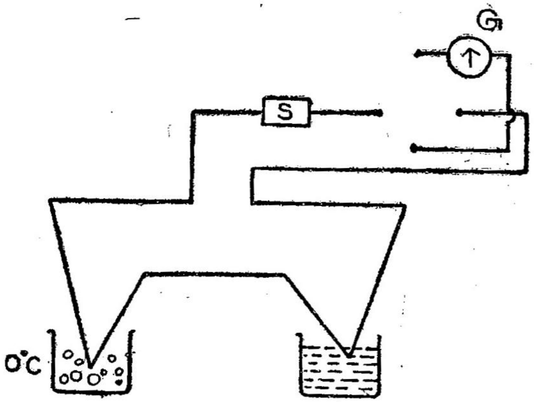
சோதனையை இரு பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதல் பாகத்தில் ஆடி கால்வனுமீட்டர் நேரிடையாக மில்லிவோல்ட் அளவுகளைக் குறிக்குமாறு படித்தரப்படுத்தவேண்டும். இதற்கான மின் இணைப்பு (படம் (அ), பக்கம் 138) படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. 2-வோல்ட் பாட்டரி, P, Q மின்தடைப் பெட்டிகள், முளைச் சாவி இவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். P-க்கு இணையாக ஆடி கால்வனுமீட்டரை மின்திசைமாற்றி மூலம் இணைக்கவேண்டும். இதே மின்சுற்றில் S என்ற மின்தடைப் பெட்டியையும் இணைக்கவேண்டும். P-ல் 1 ஓம், Q-ல் 1999 ஓம் என்ற அளவை வைத்து முளைச் சாவியை மூடி மின்னோட்டத்தைத் துவக்கவேண்டும். கால்வனுமீட்டரில் விலகல் (ஒளிப் பொட்டின்) அளவுகோலுக்கு அப்பால் போனுல் S-ல் தகுந்த மின்தடையை எடுத்து விலகல் 3 செமீ அளவில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இனிச் சோதனை முடியும்வரை S-ல் மின்தடையை மாற்றக் கூடாது. மின்திசைமாற்றியை மறுபுறம் திருப்பி, விலகலை மறுபடி நோக்க வேண்டும்; சராசரி விலகலைக் குறிக்கவேண்டும். இதே மாதிரியாக $P = 2, Q = 1998$; $P = 3, Q = 1997$; $P = 4, Q = 1996$ என்றபடி மின்தடைகளை மாற்றி அதற்குண்டான சராசரி விலகல்களை அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும். இவ்வாறு அமைப்பதன் மூலம் கால்வனுமீட்டர் முனைகளுக்கு இடையே 1 மில்லிவோல்ட், 2 மில்லிவோல்ட், 3 மில்லிவோல்ட் என்ற மின்னழுத்தம் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தத்திற்கும் விலகல்களுக்குமிடையே ஆன வரைபடம் ஈட்ட வேண்டும். இது ஒரு நேர்

கோடாக அமைவதைக் காணலாம். இந்த வரைபடத்தைச் சோதனை இரண்டாம் பாகத்தில் உபயோகப்படுத்துவதைப் பார்க்கலாம்.



(அ)

சோதனை இரண்டாம் பகுதிக்கான இணைப்புப் படம் (ஆ)-வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. 2-வோல்ட் பாட்டரி, *P*, *Q* மின்தடைப்



(ஆ)

பெட்டிகள், முனைச் சாவி இவற்றை அப்புறப்படுத்திவிட்டு ஒரு வெப்பமின் இரட்டையை கால்வனுமீட்டர் சுற்றில் படத்தில் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும். வெப்பமின் இரட்டையின் ஒரு சந்திப்பை (junction) உருகும் பனிக்கட்டியிலும் (0°C) மற்றொரு சந்திப்பை ஒரு நீர்த் தொட்டியிலும் இருக்குமாறு அமைக்க

வேண்டும். நீர்த் தொட்டியில் உள்ள நீரை புன்சன் விளக்கால் சூடாக்கி முறையே 30°C, 40°C, ... 100°C எனச் செய்யலாம். மேலே குறிக்கப்பட்ட ஒவ்வொரு வெப்பநிலையிலும் ஆடி கால்வனு மீட்டர் காட்டும் சராசரி விலகலைக் கண்டு அட்டவணையில் காட்டிய படி குறிக்கவேண்டும். ஒவ்வொரு வெப்பநிலையையும் காட்சிப் பதிவுகள் எடுக்கும்வரை நிலையாக இருக்கும்படி செய்தல் அவசியம். கொதிநிலை வெப்பநிலைக்குப் பிறகு புன்சன் விளக்கை நகர்த்திவிட்டு வெப்பநிலையைக் குறையச் செய்யவேண்டும். அப்படிக் குறைந்துகொண்டே வரும்போது அதே வெப்பநிலை களுக்கான விலகலை மறுபடியும் காணலாம். இந்த விலகல்களைக் கண்டு அவற்றிற்குச் சரியான மின்னழுத்தத்தைச் சோதனை முதற் பாகத்தில் அமைத்த வரைபடத்திலிருந்து சுலபமாகக் கணக்கிடலாம்.

அட்டவணை I

வரிசை எண்	P ஓம்	Q ஓம்	கால்வனு மீட்டர் முனைக்கிடையே மின்னழுத்தம்	ஆடி கால்வனு மீட்டரில் விலகல்		சராசரி விலகல்
				வலம்	இடம்	
1	1	1999	1 மில்லிவோல்ட்			
2	2	1998	2 ,,			
3	3	1997	3 ,,			
4	4	1996	4 ,,			
5	5	1995	5 ,,			

அட்டவணை II

வரிசை எண்	சூட்டுச் சந்திப்பின் வெப்பநிலை	ஆடி கால்வனுமீட்டரில் விலகல்		சராசரி விலகல்	வரைபடத்திலிருந்து கண்ட வெப்பமின் இயக்கு விசை
		வெப்பநிலை உயரும்போது	வெப்பநிலை குறையும் போது		
1					
2					
3					

46. வெப்பமின் இரட்டையின் மின்இயக்கு விசை—மின்னழுத்தமானி மூலம்

(Thermo e.m.f. by Potentiometer)

நோக்கம்

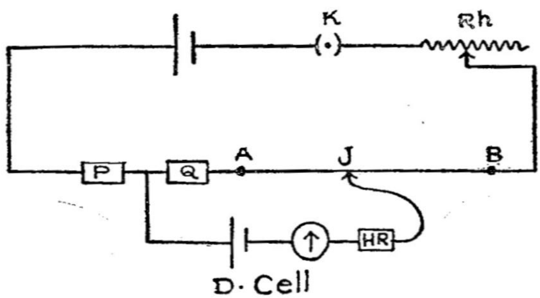
மின்னழுத்த மானியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கு ஒரு மில்லி வோல்ட் (10^{-3} வோல்ட்) மின்னழுத்த இறக்கம் உள்ளவாறு படித்தரப்படுத்தி அதைக் கொண்டு வெப்பமின் இரட்டையின் இயக்கு விசையைக் காணல்.

தேவையான கருவிகள்

2-வோல்ட் பாட்டரி, முளைச் சாவி, இரு மின்தடைப் பெட்டிகள், மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை, வெப்பமின் இரட்டை, மின்னழுத்த மானி, டேனியல் மின்கலம், மின்தடை மாற்றி, நீர்த் தொட்டி, புன்சன் விளக்கு.

செய்முறை

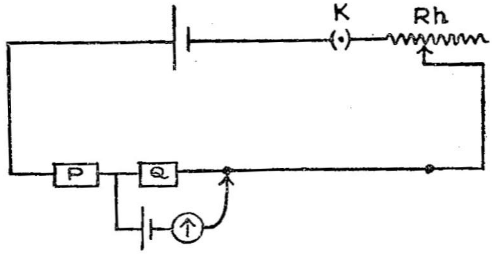
சோதனையை மூன்று பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதற் பாகத்தில் மின்னழுத்த மானியின் மின்தடையைக் காண வேண்டும். இதற்கான மின்னிணைப்பு, படம் (அ)-வில் காட்டப் பட்டிருக்கிறது. 2-வோல்ட் பாட்டரி, மின்தடைமாற்றி, *P*, *Q* மின் தடைப் பெட்டிகள், முளைச் சாவி, மின்னழுத்த மானி ஆகியவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்கவேண்டும். டேனியல் கலத்தின் நேர்மின் முனையை *Q*-வின் நேர்மின் முனையுடன் இணைக்கவேண்டும். டேனியல் கலத்தின் எதிர்மின் முனையை மேசை கால்வனுமீட்டர், உயர் மின்தடை இவை வழியாக ஜாக்கியுடன் இணைக்க வேண்டும். *P*-ல் 10 ஓம், *Q*-ல் 10 ஓம் எடுக்கப்படவேண்டும்.



(அ)

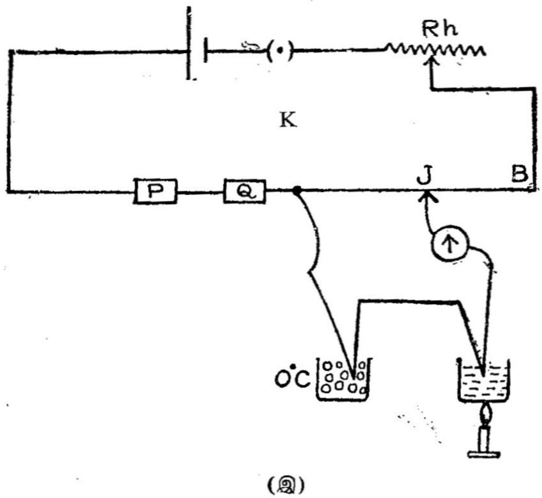
ஜாக்கியை நகர்த்திச் சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும். (l_1 செமீ.) பிறகு *Q*-ல் 9 ஓம், *P*-ல் 11 ஓம் என வைத்து மறுபடி

முன்போல் சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும். இது முன்கண்ட சரியீட்டு நீளத்தை (l_1)விட அதிகமாக இருக்கும். இதிலிருந்து



(ஆ)

$(l_2 - l_1)$ நீளமுள்ள மின்னழுத்த மானியின் கம்பியின் மின்தடை 1 ஓம் என்று தெளிவாகிறது. ஆகவே, மின்னழுத்த மானியின் மொத்த மின்தடை $\frac{1000}{(l_2 - l_1)}$ ஓம் எனக் கணக்கிடலாம். பிறகு



(இ)

P-ல் 12, *Q*-ல் 8 ; *P*-ல் 13, *Q*-ல் 7 என்ற விதத்தில் மின்தடைகளை மாற்றி மேற்குறிப்பிட்ட முறையில் மின்னழுத்த மானியின் மின்தடையைக் கண்டு சராசரி மதிப்பைக் (*X* ஓம்) குறிக்க வேண்டும்.

சோதனை இரண்டாவது பகுதியில் மின்னிணைப்புச் சோதனை முதற் பகுதிக்கானது போலவேதான். மின்தடைப் பெட்டி *Q*-ல் 108*X* என்ற கணக்குப்படி மின்தடை எடுக்கவேண்டும். (*X* என்பது மின்னழுத்த மானியின் முழு மின்தடை.) ஜாக்கியை மின்னழுத்த மானியின் நேர்மின் முனையிலேயே வைத்து அழுத்திக்

கால்வனுமீட்டரில் சுழிவிலகலாகச் செய்யவேண்டும். இதற்கு மின்தடைப் பெட்டி Q-வில் மின்தடையைச் சரிசெய்து கொள்ள வேண்டும். துல்லியமாக இதைச் செய்ய மின்தடைமாற்றியையும் பயன்படுத்தலாம். இவ்வாறு சுழிவிலகலுக்குச் சரிசெய்த பிறகு மின்சுற்றில் எவ்வித மாறுதலும் செய்தல் கூடாது. இவ்வாறு செய்வதன் மூலம் மின்னழுத்த மானியில் ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கு 10^{-3} வோல்ட் மின்னழுத்த இறக்கமெனப் படித்தரப்பட்டுள்ளது. (ஏனெனில், சோதனை இரண்டாம் பகுதியில் $108X$-க்கு இடையே மின்னழுத்தம் 1.08 வோல்ட். ∴ மின்னழுத்தமானிக்கு இடையே (அதாவது X ஒழுக்கு), $\frac{1.08}{108X} \cdot X = \frac{1}{100} = 10^{-2}$ வோல்ட் ஆகிறது. மின்னழுத்த மானியில் 10 மீட்டர் நீளம் கம்பியுள்ளது. ஆகவே, 1 மீட்டர் கம்பி நீளத்திற்கிடையே மின்னழுத்தம் $\frac{10^{-2}}{10} = 10^{-3}$ வோல்ட் ஆகிறது.)

சோதனை மூன்றுவது பகுதியில் மின்சுற்றில் எவ்வித மாறுதலும் செய்யாமல் டேனியல் கலத்திற்குப் பதிலாகப் படம் (இ)-ல் காட்டியபடி வெப்பமின் இரட்டையை இணைக்கவேண்டும். வெப்பமின் இரட்டையின் ஒரு சந்திப்பை உருகும் பனித் தொட்டியிலும் மற்றொரு சந்திப்பை நீர்த் தொட்டியிலும் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். நீர்த் தொட்டியில் வெப்பநிலையை 30°C, 40°C, ... 100°C என்ற விதத்தில் படிப்படியாகச் சூடாக்கி அந்த அந்த வெப்பநிலையில் சரியீட்டு நீளத்தைக் காணவேண்டும். சரியீட்டு நீளங்களை மில்லிமீட்டரில் குறிப்பிட்டால் மின்இயக்கு விசைகளை அவ்வளவு மைக்ரோவோல்ட் (10^{-6} வோல்ட்) என நேரிடையாக எழுதலாம். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணையில் காட்டியபடி குறிக்கவேண்டும்.

அட்டவணை I

வரிசை எண்	Q-ல் மின் தடை	P-ல் மின் தடை	சரியீட்டு நீளம் செமீ	ஒரு செமீ நீளத்தின் மின்தடை	மின்னழுத்த மானியின் மொத்த மின்தடை (X)
1	10	10			
2	9	11			
3	8	12			
4	7	13			

அட்டவணை II

குளிர் சந்திப்பின் வெப்ப நிலை	சூட்டுச் சந்திப்பின் வெப்ப நிலை	சரியீட்டு நீளம்		சராசரி l மீ	மின் இயக்க விசை (மைக்ரோவோல்ட்டில்)
		வெப்ப நிலை உயரும் போது	வெப்ப நிலை குறையும் போது		
0°C	30°C				
,,	40°C				
,,	50°C				
,,	60°C				
,,	70°C				
,,	80°C				
,,	90°C				
,,	100°C				

47. மின்தேக்கியின் சார்பிலாத் திறன்—அலைவு கால்வனுமீட்டர்மூலம்

(Absolute Capacity of a Condenser by Ballistic Galvanometer)

நோக்கம்

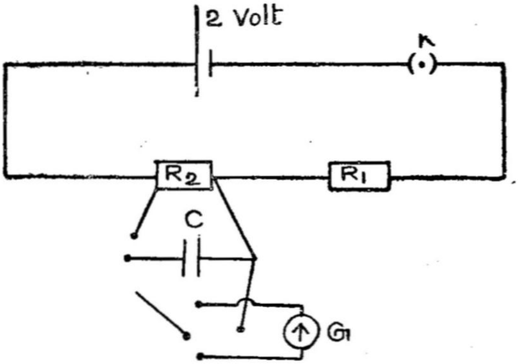
ஓர் அலைவு கால்வனுமீட்டரை (ballistic galvanometer) *உபயோகித்து ஒரு மின்தேக்கியின்* (condenser) *சார்பிலா மின் தேக்கத் திறனைக்* (capacity) *காணுதல்.*

தேவையான கருவிகள்

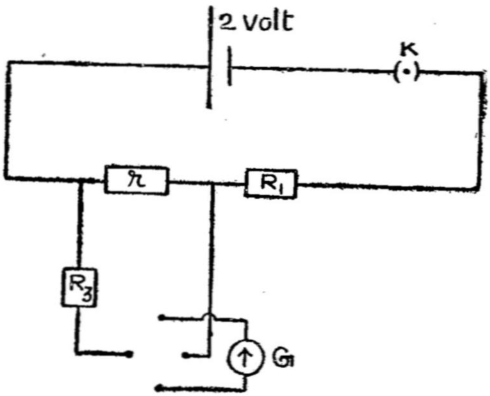
அலைவு கால்வனுமீட்டர், முனைச் சாவி, மூன்று மின்தடைப் பெட்டிகள், 2-வோல்ட் பாட்டரி, மின்திசைமாற்றி, ஏற்ற-இறக்கச் சாவி (charge-discharge key).

செய்முறை

சோதனையை இரு பாகங்களாகப் பிரிக்கலாம். முதற் பாகத்தில் மின்னிணைப்புப் படம் (அ)-வில் காட்டியபடி இருக்கவேண்



(அ)



(ஆ)

டும். ஒரு 2-வோல்ட் பாட்டரி, R_1, R_2 இரு மின்தடைப் பெட்டிகள், ஒரு முளைச் சாவி இவற்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைக்க வேண்டும். R_2–க்கு இணையாக ஓர் அலைவு கால்வனுமீட்டரையும் மின்தேக்கியையும் ஏற்ற-இறக்கச் சாவிமூலம் படத்தில் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும். கால்வனுமீட்டர் இணைக்கும்போது மின்திசை மாற்றியுடன் இணைத்தல் வேண்டும். R_1, R_2 பெட்டிகளில் தலா 5000 ஓம்கள் எடுக்கவேண்டும். முளைச் சாவியால் மின்சுற்றை மூடி மின் ஏற்ற–இறக்கச் சாவியைக் கொண்டு மின்னேற்றம் (charge) மின்தேக்கியில் ஏற்படும்படி அழுத்தவேண்டும். உடனே இந்தச் சாவியை மறுபுறம் அழுத்தி மின்னிறக்கம் (discharge

கால்வனுமீட்டர் வழியே ஏற்படும்படி செய்யவேண்டும். கால்வனு மீட்டரில் ஒளிப் பொட்டு துள்ளி ஒரு பக்கமாக நகரும். இதைக் குறிக்கவேண்டும். மின்திசைமாற்றியை உபயோகித்து மறு பக்கம் ஏற்படும் துள்ளுதலைக் (kick) குறிக்கவேண்டும். இவற்றி லிருந்து சராசரித் துள்ளுதலைக் காணவேண்டும். இச்சோதனையை $R_1 + R_2$) எப்போதும் 10000 ஓம் இருக்கும்படியும், R_2–ல் முறையே 6000, 7000, 8000, 9000 ஓம்கள் இருக்குமாறும் செய்து மறுபடி செய்யவேண்டும். காட்சிப் பதிவுகளை அட்டவணை I-ல் காட்டியபடி குறிக்கவேண்டும்.

சோதனை இரண்டாம் பகுதிக்கான இணைப்புப் படம் (ஆ)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியையும் மின்னேற்ற இறக்கச் சாவியையும் அப்புறப்படுத்திவிடவேண்டும். அவைகளுக்குப் பதிலாக R_3 என்ற மின்தடைப் பெட்டியை இணைக்கவேண்டும். R_2 மின்தடைப் பெட்டியை எடுத்துவிட்டு அதனிடத்தில் பின்னக் குறிகளுடைய மின்தடைப் பெட்டி (fractional resistance box) r-ஐ இணைக்கவேண்டும். R_1-மின்தடைப் பெட்டியில் 10000 ஓம்கள் வைத்து r-ல் 0.5 ஓம் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். R_3 மின் தடைப் பெட்டியில் சுழி மின்தடையாக இருக்கும்போது கால்வனு மீட்டரில் நிலையான விலகலைக் (steady deflection) குறிக்கவேண்டும். பிறகு R_3–ல் தகுந்த மின்தடை எடுத்து மேற்கண்ட விலகலில் பாதி வருமாறு செய்யவேண்டும். இப்போது R_3–ல் எடுத்திருக் கும் மின்தடை கால்வனுமீட்டரின் மின்தடைக்கு (G) ஒப்பாகும். பிறகு R_3-ல் சுழி விலகலாகச் செய்து r-ஐ 0.5, 0.6, 0.7 என மாற்றி அதற்கேற்ப உள்ள நிலை விலகல்களைக் (φ) குறிக்க வேண்டும்.

கால்வனுமீட்டரை ஆடவிட்டு, தொடர்ச்சியாக விலகல்களை இருபக்கங்களிலும் குறித்துத் தடைத் திருத்தம் (λ) காண வேண்டும். $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ...... என்பன அடுத்தடுத்த விலகல்களைக் குறித்தால்,

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\theta_2}{\theta_3} = \ldots\ldots k \text{ ஆகும்.}$$

$\log_e k = \lambda$ (தடைத் திருத்தம்)

கால்வனுமீட்டர் தடையின்றி ஆடுகையில் நிறுத்து கடிகா ரத்தை உபயோகித்து அதன் அலைவு நேரத்தைக் (T secs) காண வேண்டும்.

மின்தேக்கியின் சார்பிலாத் திறனைப் பின்கண்டபடி கணக்கிடலாம்.

$$C = \left(\frac{T}{2\pi}\right)\left(\frac{r}{\varphi}\right)\left(\frac{1}{G}\right)\left(\frac{\theta}{R_2}\right)\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

மேற்கண்ட சூத்திரத்தில் சோதனை முதற் பகுதியில் கண்ட $\left(\frac{\theta}{R_2}\right)$-ன் சராசரி மதிப்பையும், சோதனை இரண்டாம் பகுதியில் கண்ட $\left(\frac{r}{\varphi}\right)$-ன் சராசரி மதிப்பையும் பொருத்தி C-ஐக் கணக்கிட வேண்டும். G கால்வனுமீட்டரின் மின்தடையைக் குறிக்கிறது. λ தடைத் திருத்தத்தையும், T கால்வனுமீட்டரின் அலைவு நேரத்தை யும் குறிக்கிறது. மின்தடைகள் ஓமில் குறிக்கப்பட்டால் மின்தேக் கியின் திறன் ∴பராடில் குறிக்கப்படவேண்டும். (திறனை மைக்ரோ ∴பராடில் குறிப்பிட 1 ∴பராட் $=10^6$ மைக்ரோ ∴பராட் என்ற மாற்றுச் சூத்திரத்தை உபயோகிக்கலாம்.)

சராசரி எண்	R_2	R_1	துள்ளல் (Kick)		சராசரி θ	θ/R_2
			வலம்	இடம்		
1	5000	5000				
2	6000	4000				
3	7000	300				
4	8000	2000				
5	9000	1000				
6	4000	6000				
						சராசரி =

கால்வனுமீட்டர் மின்தடை அரை விலகல் முறைப்படி =.... (G ஓம்)

வரிசை எண்	r	நிலையான விலகல்		சராசரி φ	r/φ
		வலம்	இடம்		
					சராசரி =......

கால்வனுமீட்டர் அலைவுநேரம் = ... (T செகன்ட்)

$$C = \frac{T}{2\pi}\left(\frac{1}{G}\right)\left(\frac{r}{\varphi}\right)\left(\frac{\theta}{R_2}\right)\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

(Bibliography)

Advanced Level Practical Physics by **M. Nelkon and J. M. Ogborn**

Advanced Practical Physics by **B. L. Worsnop and H. T. Flint**

A Textbook of Practical Physics by **H. S. Allen and H. Moore**

Modern Laboratory Physics by **J. H. Avery and A. W. H. Ingram**

A Laboratory Manual of Experiments in Physics by **L. R. Ingersoll and M. J. Martin**

Engineering Practical Physics by **N. S. Rajagopalan.**

கலைச்சொற்கள்

A

Ammeter — அம்மீட்டர்
Angle of minimum deviation — சிறும திசைமாற்றக் கோணம்
Angle of prism — முப்பட்டகக் கோணம்
Aperiodic galvanometer — அலைவுகாட்டா கால்வனுமீட்டர்
Arm — கரம்

B

Bad conductor — அரிதிற் கடத்தி
Balancing length — சரியீட்டு நீளம்
Balancing point — சரியீட்டுப் புள்ளி
Ballistic galvanometer — அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர்
Beaker — முகவை
Biprism — இரட்டைப் பட்டகம்
Bisector — சமவெட்டி
Brightness — பொலிவு

C

Calibration — அளவுத் திருத்தம்
Capacity — திறன்
Coaxially — ஓரச்சாக
Collimator — இணையாக்கி
Condenser — மின்தேக்கி
Conductivity — கடத்துதிறன்
Current — மின்னேட்டம்

D

Daniel cell — டேனியல் கலம்
Deflection magnetometer — விலகு காந்தமானி
Diffraction — விளிம்பு விளைவு
Direct deflection method — நேர்விலகல் முறை
Distant object method — தொலைதூரப் பொருள் முறை
Doubl ε pole double throw switch — இருமுனை இரு எறி சாவி

E

Earth's magnetic field — புவிகாந்த வயல்
Electromotive force — மின்னியக்கு விசை
End correction — முனைத் திருத்தம்
Equal distance method — சம தொலைவு முறை
Eye piece — கண்ணருகு கருவி

F

Field of view — பார்வைப் புலம்
Figure of merit for current — மின்னோட்ட உணர்வு நுட்பம்
Frequency — அலை எண்

G

Graph — வரைபடம்
Grating — கீற்றணி
Good conductor — எளிதிற் கடத்தி

H

Head scale — தலை அளவுகோல், தலைக்கோல்
High resistance — உயர் மின்தடை
Hollow prism — உள்ளீடற்ற முப்பட்டகம்
Horizontal component — கிடைமட்டச் செறிவு

I

Illuminating power — ஒளியூட்டு திறன்
Internal resistance — உள் மின்தடை
Inverse square law — இருமடி எதிர்விதி

J

Joule's calorimeter — ஜூலின் கலோரிமீட்டர்

L

Least count — அதமவளவு
Lechlanche cell — லெக்லான்சி கலம்
Longitudinal vibration — நெட்டதிர்வு

M

Magnetic moment — காந்தத் திருப்புதிறன்
Magnifying glass — உருப்பெருக்கக் கண்ணாடி
Main scale — முதன்மை அளவுகோல்

Mass	—	நிறை
Mechanical equivalent of heat	—	வெப்ப–எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று
Microscope	—	நுண்ணோக்கி
Mirror galvanometer	—	ஆடி கால்வனுமீட்டர்
Monochromatic light	—	ஒற்றை நிற ஒளி
Moving coil galvanometer	—	இயங்கு சுருள் கால்வனுமீட்டர்

N

Null deflection method	—	சுழிவிலக்கு முறை

O

Objective	—	பொருளருகு கருவி
Optic lever	—	ஒளியியல் நெம்புகோல்
Origin	—	தோற்றுவாய்

P

Pitch scale	—	புரி அளவுகோல், புரிக்கோல்
Plane mirror	—	சமதள ஆடி
Plug key	—	முளைச் சாவி
Pressure	—	அழுத்தம்
Primary circuit	—	முதன்மைச் சுற்று
Prism	—	முப்பட்டகம்
Potential difference	—	மின்னழுத்த இறக்கம்
Potentiometer	—	மின்னழுத்த மானி

R

Radius of curvature	—	வளைவு ஆரம்
Real image	—	மெய்ப் பிம்பம்
Reflection of light	—	எதிரொளி
Refractive index	—	ஒளிவிலகலெண்
Resonance	—	ஒத்ததிர்வு
Resonating length	—	ஒத்ததிர்வு நீளம்

S

Scale	—	அளவுகோல்
Scale pan	—	எடைத் தட்டு
Secondary circuit	—	துணைச் சுற்று
Sensitive thermometer	—	நுண்ணிய வெப்பநிலை மானி
Sinker	—	அமிழ்த்தி
Specific heat	—	வெப்ப எண்

Specific gravity	—	ஒப்படர்த்தி
Specific resistance	—	மின்தடை எண்
Specific rotatory power	—	தன் திருப்புதிறன்
Spectrum	—	நிறமாலை
Spectrometer	—	நிறமாலை மானி
Spherometer	—	கோளமானி
Spring balance	—	வில் தராசு
Spirit level	—	இரச மட்டம்
Standard resistance	—	தரமிடப்பட்ட மின்தடை
Suspended coil galvanometer	—	தொங்கு சுருள் கால்வனுமீட்டர்

T

Tap key	—	தட்டுச் சாவி
Telescope	—	தொலைநோக்கி
Temperature	—	வெப்பநிலை
Temperature coefficient of resistance	—	மின்தடை வெப்பநிலை எண்
Thermocouple	—	வெப்பமின் இரட்டை
Thermometer	—	வெப்பநிலை மானி
Thickness	—	தடிப்பு
Translucent	—	ஒளி கசியும்
Transverse wave	—	குறுக்கதிர் அலை
Travelling microscope	—	இயங்கு நுண்ணோக்கி
Tuning fork	—	இசைக் கவை

V

Vernier scale	—	வெர்னியர் அளவுகோல்
Voltmeter	—	வோல்ட்மீட்டர்
Volume	—	பருமன்

W

Wavelength	—	அலை நீளம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை - 600031

★

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாடநூல்கள்

(Tamil Medium Books for Colleges)

இதுவரை 606 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன

★

மேலும், விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	—	43	நூல்கள்
சட்டம்	—	19	,,
மருத்துவம்	—	9	,,
இயற்பியல்	—	27	,,
வேதியியல்	—	21	,,
தாவரவியல்	—	17	,,
விலங்கியல்	—	7	,,
கணிதம்	—	19	,,
வணிகவியல்	—	30	,,
பொருளாதாரம்	—	21	,,
புவியியல்	—	12	,,
வரலாறு	—	36	,,
மனையியல்	—	2	,,
தத்துவம்	—	5	,,
உளவியல்	—	4	,,
புள்ளியியல்	—	2	,,
கல்வி	—	3	,,
நிலப் பொதியியல்	—	3	,,
அரசியல்	—	25	,,

கிடைக்குமிடம் :

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு

(கல்லூரிக் கல்வி இயக்குநர் அலுவலகச் சுற்றுக்குள்)

கல்லூரிச் சாலை, நுங்கம்பாக்கம்

சென்னை-600006

கல்லூரிப் பாடநூல்களுக்கு 20% கழிவு வழங்கப்படும்